



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC  
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

***RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS COMPLEMENTADOS CON DOS  
TIPOS DE BETA-ADRENERGICOS EN SU DIETA***

**TESIS PROFESIONAL**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA AGRONOMA  
ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**LUZ DEL CARMEN MARÍN BARRERA**

**ASESOR: DR. ROLANDO ROJO RUBIO**

**COASESOR: DR. LUIS ANGEL BARRERA GUZMAN**

**TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MEXICO, ABRIL DEL 2024**

## INDICE

INDICE DE FIGURAS .....	4
INDICE DE CUADROS .....	6
RESUMEN .....	7
I. INTRODUCCION.....	9
II. REVISION DE LITERATURA.....	11
2.1 EL ORIGEN DE LA OVINOCULTURA .....	11
2.2 PRODUCCIÓN Y POBLACIÓN MUNDIAL DE OVINOS PARA CARNE .....	11
2.5 PRODUCCIÓN DE OVINOS PARA CARNE EN MÉXICO .....	14
2.6 POBLACIÓN OVINA EN MÉXICO .....	15
2.7 PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARNE DE OVINO. ....	15
2.8 PRODUCCIÓN DE OVINOS PARA CARNE EN EL ESTADO DE MÉXICO. ....	17
2.8 RAZAS DE OVINOS .....	18
2.9 RAZAS DE OVINOS DE PELO .....	18
2.9.1 <i>Black belly</i> .....	18
2.9.2 <i>Dorper</i> .....	19
2.9.3 <i>Charoláis</i> .....	20
2.9.4 <i>Pelibuey</i> .....	20
2.9.5 <i>Katahdin</i> .....	21
2.9.6 <i>Saint Croix</i> .....	22
2.10 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA .....	22
2.10.1 <i>Sistema tecnificado</i> .....	23
2.10.2 <i>Sistema semi- tecnificado</i> .....	23
2.10.3 <i>Sistema de traspatio</i> .....	23
2.10.4 <i>Sistema silvopastoril</i> .....	23
2.11 TIPOS DE ALIMENTOS PARA OVINOS .....	23
2.12 PROCESAMIENTO DE GRANOS .....	24
2.12.1 <i>Molido</i> .....	24
2.12.2 <i>Quebrado</i> .....	25
2.12.3 <i>Hojuelado a vapor</i> .....	26
2.12.4 <i>Extrudizado</i> .....	26
2.13 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS OVINOS.....	27
2.13.1 <i>Proteína para ovinos</i> .....	27
2.13.2 <i>Energía para ovinos</i> .....	28
2.13.3 <i>Minerales</i> .....	28
2.13.4 <i>Vitaminas</i> .....	29
2.13.5 <i>Fibra</i> .....	30
2.13.6 <i>Agua</i> .....	31
2.14 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA OVINOS EN ENGORDA .....	31
2.15 PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	33
2.16 USO DE PROMOTORES DE CRECIMIENTO EN LA ALIMENTACIÓN DE CORDEROS.....	33
2.17. MODIFICADORES DEL METABOLISMO .....	34
2.18 $\beta$ -AGONISTAS ADRENÉRGICOS.....	35
2.18.1 <i>Estructura química de los <math>\beta</math>-agonistas adrenérgicos</i> .....	37
2.18.2 <i>Receptores <math>\beta</math>-adrenérgicos</i> .....	38
2.18.2 <i>Mecanismos de acción de los <math>\beta</math>AA en el metabolismo</i> .....	39
2.18.3 <i>Efectos de los <math>\beta</math>AA en el ganado</i> .....	40
2.18.4 <i>Intoxicación por <math>\beta</math>AA</i> .....	43
2.19 CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA .....	44

2.19.1	<i>Farmacocinética</i>	45
2.19.2	<i>indicaciones y dosis</i>	45
2.19.3	<i>Efectos adversos</i>	46
2.19.4	<i>Tiempo de retiro</i>	47
2.19	<b>CLORHIDRATO DE ZILPATEROL (CZ)</b>	47
2.19.1	<i>Uso de clorhidrato de zilpaterol en ovinos en finalización</i>	48
III.	<b>JUSTIFICACION</b>	<b>51</b>
IV.	<b>HIPOTESIS</b>	<b>52</b>
V.	<b>OBJETIVO</b>	<b>53</b>
VI.	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>54</b>
6.1	<b>LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	54
6.2	<b>Acondicionamiento de las instalaciones</b>	55
6.2	<b>ANIMALES</b>	55
6.3	<b>ALIMENTACIÓN</b>	57
6.4	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS COMERCIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.</b>	59
6.4.1	<i>Racmina Premix® 10%</i>	59
6.4.2	<i>Grofactor</i>	63
6.4.3	<i>Materiales biológicos</i>	65
6.4.4	<i>Materiales de campo</i>	66
6.4.4	<i>Corrales</i>	66
6.5	<b>METODOLOGÍA</b>	66
6.5,1	<i>Tratamientos</i>	66
6.5,1	<i>Para la presente investigación se utilizaron tres tratamientos:</i>	66
6.5.2	<i>Variables de estudio</i>	67
6.5.3	<i>Medición de variables</i>	67
6.5.5	<i>Diseño experimental</i>	69
VII.	<b>RESULTADOS</b>	<b>70</b>
7.1	<b>CONSUMO DE MATERIA SECA</b>	70
7.3	<i>Ganancia de peso total (GTP)</i>	72
7.4	<b>CONVERSION ALIMENTICIA (CA)</b>	73
7.5	<i>Eficiencia alimenticia (EA)</i>	74
7.6	<b>PESO VIVO FINAL (PVF)</b>	75
VIII.	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>76</b>
IX.	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>80</b>
X.	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>81</b>
XI.	<b>ANEXOS</b>	<b>90</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inventario mundial de ovinos en número de cabezas, FAO (2020b). .....	12
Figura 2. Distribución por continentes de la población ovina. Fuente: FAO (2020b) .....	12
Figura 3. Países con mayor inventario de ovinos en América Latina, FAO (2020b). .....	13
Figura 4. Producción de ovinos en pie y en canal (Toneladas), SIAP (2019b).....	16
Figura 5. Principales estados productores de ovinos en 2018, SIAP (2019b). .....	16
Figura 6. Producción por municipio en 2010 y 2018, SIAP (2019b). .....	17
Figura 7. Raza Black belly.....	19
Figura 8. Raza Dorper.....	19
Figura 9. Raza Charoláis.....	20
Figura 10. Raza Pelibuey.....	21
Figura 11. Raza Katahdin.....	21
Figura 12. Raza Saint Croix.....	22
Figura 13. Exceso por vitaminas. Fuente: Modificado de INATEC, 2016.....	30
Figura 14. Formulas de la ariletanolamina, de algunos B-agonistas y de los mediadores fisiológicos, adrenalina y noradrenalina (Smith y Paulson, 1997; Shelver y Smith, 2016).....	37
Figura 15. Principales receptores B-adrenérgicos (B1, B2) con su respectivo sistema transductor (Proteína G); su efector primario (enzima edencilclasa, AC); segundo mensajero (Adenosin Monofosfato cíclico, AMPc); y su efector secundario (proteinkinasa, PKA) (Fuente: Mersmann, 1998; Ferguson, 2001).....	41
Figura 16. Localización geográfica de la zona de estudios.....	54
Figura 17. Colocación de camas metálicas para los ovinos.....	55
Figura 18. Corraletas, bebederos y comederos individuales que usaron los ovinos durante el periodo experimental.....	56
Figura 19. Vacunación y desparasitación de los ovinos a su llegada.....	57
Figura 20. Presentación 10 Kg Racmina premix 10%.....	63
Figura 21. Presentación de Grofactor®.....	65
Figura 22. Consumo de materia seca en ovinos recibiendo dos tipos de beta- adrenérgicos (CZ: Clorhidrato de zilpaterol, Racmina: Clorhidrato de ractopamina) en su dieta.....	70
Figura 23. Grafica de las medias marginales estimadas de ganancia de peso diario.....	71
Figura 24. Grafica de las medias marginales estimadas en la ganancia total de peso.....	72
Figura 25. Graficas de medias y comparación múltiple de tukey de conversión alimenticia.....	73
Figura 26. Grafica de los tratamientos de medias marginales estimadas en eficiencia alimenticia.....	74
Figura 27. Grafica de medias marginales estimadas para peso vivo final.....	75
Figura 28. Llegada de los animales al área metabólica.....	90
Figura 29. Alimentación de los ovinos.....	91

Figura 30. Pesaje de los ovinos. ....	92
Figura 31. Llegada de los ovinos al obrador. ....	93
Figura 32. Pesaje de ovinos antes del sacrificio. ....	94
Figura 33. Sacrificio de los ovinos. ....	95
Figura 34. Canales de ovinos. ....	96

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales métodos de procesamiento de los granos. Fuente: (Mendoza y Velasco, 2016).....	25
Cuadro 2. Fracción de las proteínas en base a la solubilidad y degradabilidad. (Velázquez-De Lucio et al., 2017).....	27
Cuadro 3. Exceso por minerales. Fuente: Modificado de INATEC, 2016.....	29
Cuadro 4. Requerimientos nutritivos de los ovinos en engorda. Fuente: (Ceballos, 2011).....	32
Cuadro 5. Efecto de dos agonistas $\beta$ -adrenérgicos en el rendimiento productivo en ovinas alimentadas con dietas concentradas.....	49
Cuadro 6. *INC: Inclusión, Tratamiento: T1 (Control): dieta basal, T2: Control + 10 mg CZ/animal/día y T3: Control + 10 mg ractopamina/animal/día. T1: Costo de la dieta basal por kg = 8.86, T2: Costo de la dieta basal + Clorhidrato de zilpaterol (10 mg/animal/día): 9.08 y T3: Costo de la dieta basal + clorhidrato de ractopamina (1 <sup>o</sup> mg/animal/día): 9.16. ....	58
Cuadro 7. Resultado del Análisis de Varianza en el consumo de materia seca, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	70
Cuadro 8. Resultados del Análisis de Varianza en la Ganancia de peso diario, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	71
Cuadro 9. Resultados del Análisis de Varianza en la ganancia de peso total, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	72
Cuadro 10. Resultados del Análisis de Varianza en la Conversión alimenticia, para el efecto de la aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	73
Cuadro 11. Resultados del Análisis de Varianza en la Eficiencia alimenticia, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	74
Cuadro 12. Resultados del Análisis de Varianza en el peso vivo final, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados. ....	75

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva en ovinos de pelo de distinto tipo racial, con una dieta basal y complementados con tipos de beta-adrenérgicos en su dieta. Estos Beta-adrenérgicos fueron clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina.

Este experimento se desarrolló en la unidad metabólica de Nutrición Animal del centro universitario UAEM Temascaltepec. Sus instalaciones son semi tecnificadas, el cual brindo un ambiente adecuado para los animales.

Se utilizaron 21 ovinos macho con una media de peso vivo de  $35.85 \pm 3.3$  kg con una edad aproximada de 5 meses. Antes de empezar con el periodo de experimentación los animales fueron adaptados a la dieta por un periodo de 15 días ofreciendo el 3% de su peso vivo. Se distribuyeron con bloques completamente al azar donde cada animal fue considerado como unidad experimental. Cada tratamiento se asignó al azar a los animales dentro de cada bloque, se agruparon en siete bloques (Steel y Torrie, 1980). El T1 o control: Consistió en alimentar a los corderos con una dieta base (Tratamiento testigo). T2: Consistió en alimentar a los corderos con la dieta base incluyendo el beta-adrenérgico de clorhidrato de zilpaterol. T3: Consistió en alimentar a los corderos con la dieta base incluyendo el beta-adrenérgico clorhidrato de ractopamina. Se estimó la ganancia total de peso (GTP), ganancia diaria de peso (GDP), eficiencia alimenticia (EA), conversión alimenticia (CA). La (GTP) se estimó mediante el peso final menos el peso inicial. La (EA) se estimó mediante el consumo total de alimento entre la ganancia total de peso, la (GDP) se estimó mediante el peso vivo final menos el peso vivo inicial entre el tiempo de permanencia, la (CA) se estimó mediante ganancia total de peso entre consumo total de alimento. El comportamiento productivo de ovinos finalizados suplementados con tipos de beta-adrenérgicos si presento diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el consumo de materia seca con ( $P = 0.033$ ). El T1 y T3 fue mayor al T2). En la ganancia de peso vivo final no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ).

En la ganancia de peso total si hubo diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) con un resultado menor ( $P = 0.00$ ). El T1 y T2 tuvo menores ganancias de peso total que el T3

En la conversión alimenticia si se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El T1 y T2 tuvieron menores conversiones que el T2 con una significancia de ( $P < 0.02$ )

En la eficiencia alimenticia también hubo diferencias significativas ( $P < 0.01$ ), el T3 y T1 tuvo menor eficiencia alimenticia con una significancia de ( $P < 0.00$ ).

Y en la ganancia de peso diaria también tuvo diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) el T2 tuvo una mayor ganancia que los T1 y T3.

El clorhidrato de zilpaterol adicionada a la dieta basal de ovinos en finalización influye favorablemente en la conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, ganancia de peso total y ganancia de peso diaria.

**Palabras clave:** Ovinos, clorhidrato de ractopamina, clorhidrato de zilpaterol, parámetros productivos.

## I. INTRODUCCION

Los pequeños rumiantes son de suma importancia, ya que juegan un papel importante en el ganado debido a que son indispensables para la utilización de los recursos alimenticios disponibles para la población y proporcionan medios prácticos para usar grandes proporciones de pastizales donde la población no practica la agricultura (Hernández et al., 2014).

La producción tradicional de borregos en México, se ha desarrollado principalmente como una actividad secundaria, sin embargo, en los últimos años se ha convertido en una actividad principal en algunas regiones. A pesar de este cambio, el país aún sigue siendo deficitario en la producción de carne de borrego, teniendo que recurrir a las importaciones, principalmente carne congelada (Gómez-Vazquez et al., 2015). En este sentido, ha sido necesario orientar la producción de esta especie a la producción de corderos para abasto con el fin de competir en calidad y precio contra las importaciones, así como cubrir las demandas de consumo nacional. La producción de borrego para abasto en sistemas de producción intensiva, demanda una fuerte inversión principalmente por los costos de alimentación que generalmente lo constituyen granos como el sorgo, maíz, pasta de soya, pasta de canola, pre mezcla de minerales y vitaminas, entre otros que ocasionan baja rentabilidad de esta actividad.

El sector ganadero y la industria cárnica, constantemente buscan alternativas para promover un crecimiento rápido y eficiente del ganado, acompañado por una mejora en las características de la canal (Beermann, 2009; Etherton, 2009). Los agonistas beta - adrenérgicos o fenetanolaminas son compuestos químicos que estimulan los receptores adrenérgicos  $\beta$  del sistema nervioso autónomo (Smith, 1998), los cuales se han utilizado como promotores del crecimiento en las diferentes especies de animales domésticos, con la finalidad de incrementar el crecimiento y la eficiencia alimenticia, con una reducción en los costos de producción y una mejor calidad del producto cárnico (Sillence, 2004; Johnson y Chung, 2007).

Los esteroides anabólicos han sido ampliamente utilizados en la industria productora de carne por más de 50 años de una forma segura y efectiva como agentes promotores del crecimiento, y actualmente más del 90% del ganado bovino

en engordado en corral en los Estados Unidos recibe algún tipo de implante esteroideal durante su periodo productivo (NAHMS, USDA 2000). Generalmente, los implantes han demostrado incrementar la tasa de crecimiento de 8 al 28%, mejorar la conversión alimenticia de 5 a 20% y aumenta la masa muscular magra de la canal de 3 a 10% (Duckett y Owens, 1997). Esta mejora en la eficiencia de la producción tiene múltiples beneficios: 1) reduce los costos de producción al reducir la cantidad de alimento requerido por unidad de ganancia de peso; 2) reduce la cantidad de tierra necesaria para producir cantidades equivalentes de alimento para los consumidores (Avery, 2007); 3) disminuye la producción de gases que causan el efecto invernadero por tener animales más eficientes produciendo la misma cantidad de carne con menos animales. Recientemente una nueva clase de promotores de crecimiento activados oralmente, conocidos como  $\beta$ -adrenérgicos agonistas ( $\beta$ AA; ractopamina-HCl-2003 y Zilpaterol-HCl, 2006), han sido aprobados para su uso en la finalización de bovinos y ovinos durante los últimos días de su periodo de engorda. Estos productos proveen resultados similares a los implantes esteroidales, en mejoras de la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y consumo de materia seca; si bien, esta respuesta ha sido explicada por el mecanismo de acción que tienen los beta-adrenérgicos a nivel tisular, al ser repartidores de energía; sin embargo, no existen estudios donde se demuestre que en la digestión de los nutrientes y ambiente ruminal no existen cambios.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El origen de la ovinocultura

Los ovinos se clasifican dentro de la familia Bovidae, que incluye a aquellos mamíferos que tienen cuernos huecos y un estomago compuesto (omaso, abomaso, retículo y rumen). Los ovinos pertenecen al género *Ovis* y se clasifican como *Ovis aries*, se domesticaron hace unos 10.000 años. Descienden del muflón salvaje del oeste de Asia, pero en su domesticación se cruzaron con ovejas salvajes como el Urial de Asia central (Simmons & Ekarius, 2011)

### 2.2 Producción y población mundial de ovinos para carne

En el mundo la producción de ovinos es una de las actividades pecuarias más importantes para la economía familiar, pues el aprovechamiento de pastizales y su fácil conversión a carne hacen que la ovinocultura forme parte de sus actividades tradicionales, para asegurar sus medios de vida. Esta actividad se realiza bajo diversos tipos de sistemas productivos, los cuales muestran una tendencia creciente estable en los siguientes años, con un aumento en el precio debido a la creciente demanda de los países en vías de desarrollo (Partida de la Peña et al., 2013).

Según datos de la FAO se muestra un comportamiento creciente del inventario de ovinos desde 2002 (Figura 1), justificado por una población creciente con mayores ingresos, por lo que se considera un mercado internacional con potencial. Respecto a la producción promedio entre 2010 Y 2018, se tiene que el principal continente productor de ovinos fue Asia aportando el 42% de las cabezas producidas, incluyendo al primer y al tercer país productor: China e India, seguido del continente africano con el 31% (Figura 2) (FAO, 2020b). Dichos continentes y países coinciden también en tener una población con tendencia creciente, por la demanda de alimentos incentivara al crecimiento de la producción de ovinos.

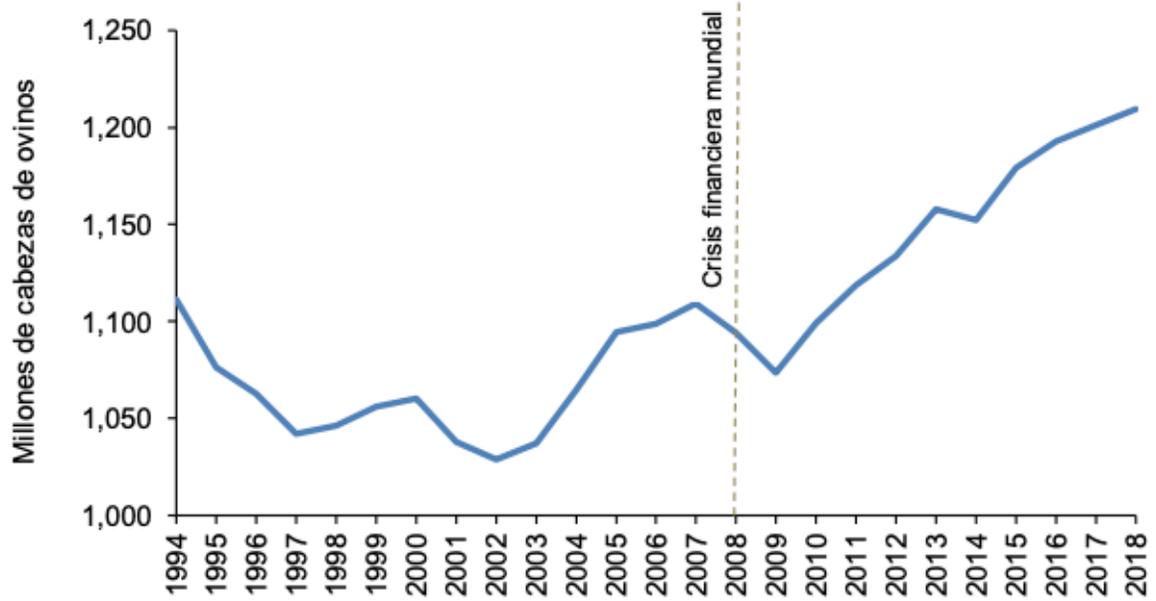


Figura 1. Inventario mundial de ovinos en número de cabezas, FAO (2020b).

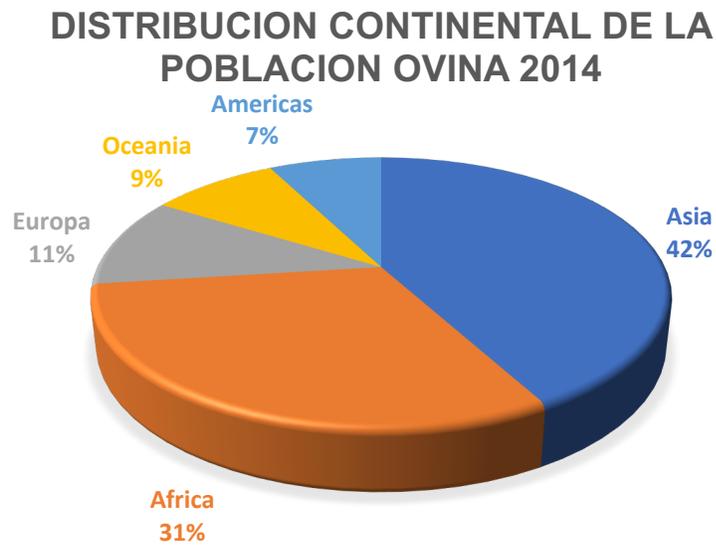


Figura 2. Distribución por continentes de la población ovina. Fuente: FAO (2020b)

Cabe resaltar que a pesar de que la producción mundial es creciente, en el futuro se espera que la demanda de carne de ovino no sea satisfecha, inclusive ni por los dos principales exportadores: Nueva Zelanda y Australia, Morris (2009), lo que representa una oportunidad para los productores mexicanos que ocupan el cuarto lugar en inventario de ovinos en el continente americano, lugar alcanzado desde 2014, rebasando a Estados Unidos, Bolivia y Perú (Figura).

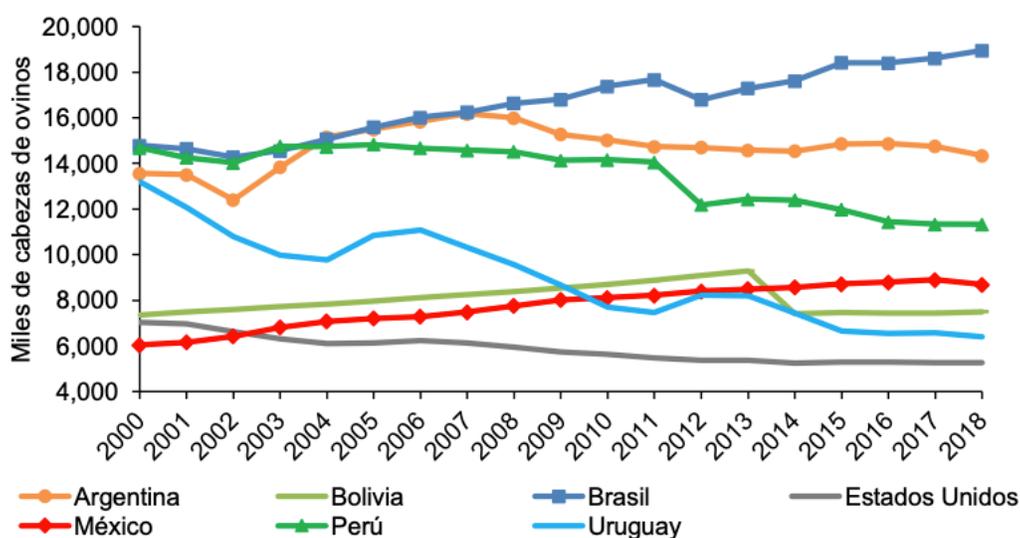


Figura 3. Países con mayor inventario de ovinos en América Latina, FAO (2020b).

A pesar de los lugares que ocupan en la producción, tanto China, como México no destacan en el mercado mundial como exportadores de ovinos o carne de ovino. Al respecto, los principales países exportadores de carne de ovino son Nueva Zelanda, Australia, Reino Unido, Irlanda y España con un promedio anual de 910 mil toneladas exportadas entre el 2010 y 2017. Estos países han logrado mantenerse en ese lugar, debido a que han desarrollado programas tendientes a incrementar la productividad, con un menor número de animales (McCoard. 2017; Morris & Kenyon, 2014). De hecho, Nueva Zelanda ha logrado ser el mayor

exportador, aun cuando este ha reducido su inventario, representando el 47% del comercio mundial de carne de ovino (Morris & Kenyon, 2014).

Por otra parte, las importaciones son lideradas por China, Francia, Reino Unido, Estados Unidos y Arabia Saudita, que en su conjunto demandan anualmente en promedio 501 mil toneladas entre 2010 y 2017 (FAO, 2020a), países cuya tendencia en el consumo se inclinan más por carnes con menos grasa y mayores nutrientes aportados, como lo ofrece la carne de ovino. (Murcia, 2014). En este contexto, México podría incursionar en el mercado de exportaciones, ya que, China debido a su creciente población no ha logrado satisfacer su demanda, a pesar de ser el principal país con inventario ovino. Sin embargo, este reto requiere de un incremento en la productividad y del desarrollo de regulaciones y rastros que aseguren la inocuidad y sanidad de la carne.

## **2.5 Producción de ovinos para carne en México**

En el país la ovinocultura se remonta al siglo XV con animales provenientes de España. La actividad se realizaba únicamente de manera extensiva (Hernández Uribe et al., 2013), a diferencia de la actualidad, que es llevada a cabo en todo el país bajo una diversidad de sistemas productivos, desarrollada frecuente en el medio rural (Gongora et al., 2010), con una variedad de razas, aunque solo se aprovechen menos de veinte para la producción mundial (INEGI, 2013a)

A nivel nacional la producción de ovinos es de las actividades más importantes en el sector ganadero por el valor que representa para la economía del productor y por tener una alta demanda entre la población urbana del centro del país y en las ciudades de Guadalajara y Monterrey (INEGI, 2013<sup>a</sup>). Además de que presenta una serie de ventajas respecto a otras actividades pecuarias como: la utilización eficiente de pastura, un ciclo productivo corto, el incremento del precio del borrego

en pie en los últimos años por encima del precio del ovino y porcino (Rodríguez Galaviz et al., 2009; SAGARPA et al., 2003) y la participación familiar en el cuidado del rebaño.

Según datos de SAGARPA & SIAP (2018), la población ganadera del país estaba compuesta por 1,371,356 cabezas de ovinos en 2018, cifra superior a las reportadas en la última década. De este inventario nacional, Saltijeral y Cordova (2004), citado por Martínez-Trejo & Pacheco Pérez (2004) señalan que el 60% corresponde a productores de rebaños pequeños entre 25 y 30 cabezas, el 35% a medianos y el resto a productores con más de 500 cabezas. Teniendo los productores como objetivo principal de la explotación del rebaño para la producción de carne.

## **2.6 Población ovina en México**

En los inicios del siglo pasado, cuando se fraccionaron las grandes superficies de pastoreo, transformándolas en áreas de cultivo, así como por la atomización de los rebaños ovinos, se afectó en gran medida a la producción y productividad nacional, marginándola a los sectores más pobres de la población, orientados básicamente a explotaciones de subsistencia. Sin embargo, en la actualidad la población ovina ha tenido un crecimiento importante (Cuellar et al., 2012).

Según datos del SIAP (2018), la población ganadera del país estaba compuesta por 1,371, 356 cabezas de ovinos en 2018, cifra superior a las reportadas en la última década, De este inventario nacional, Saltijeral y Cordova (2004), citado por Martínez-Trejo & Pacheco Pérez (2004), señalan que el 60% corresponde a productores de rebaños pequeños entre 25 y 30 cabezas. Teniendo los productores como objetivo principal de la explotación del rebaño para la producción de carne.

## **2.7 Producción nacional de carne de ovino.**

Respecto a la producción de ovinos en México, esta ha incrementado considerablemente a partir del 2000 a una tasa de crecimiento media anual de 3.6%, periodo de 1980 y 1999. Este incremento de toneladas de ovinos en canal (Figura 4). Según Góngora et al., (2010), el incremento de la producción se debe a la creciente demanda nacional que no es satisfecha por la producción del país y al continuo aumento del precio del ovino en pie. Asimismo, la OCDE et al., (2017), Indican que desde el 2010 los precios de todas las carnes aumentaron, en particular de la de ovino, lo que explica el comportamiento mencionad.

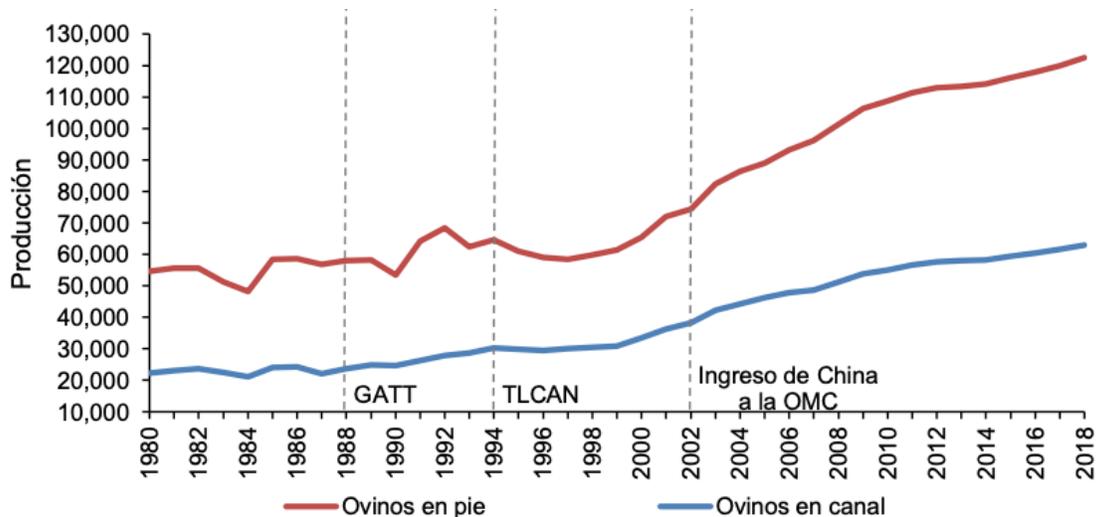


Figura 4. Producción de ovinos en pie y en canal (Toneladas), SIAP (2019b)

Gran parte de la producción de ovinos se practica en el centro del país, a pesar de que la actividad se realiza en todo el territorio, donde las entidades que poseen la mayor producción de 1,276 millones de pesos en 2018. Siendo a la vez los mayores consumidores de carne de ovino (INEGI, 2013<sup>a</sup>; SIAP, 2029b).

Ahora bien, los cinco principales estados productores de carne de ovino cubrieron el 48% de la oferta nacional durante 2018. Predominando las razas Suffolk, Hampshire, Rambouillet, Dorset, Katahdin, Dorper y Pelibuey en la comercialización (Partida de la Peña et al., 2013; Rodríguez Galaviz et al., 2009).

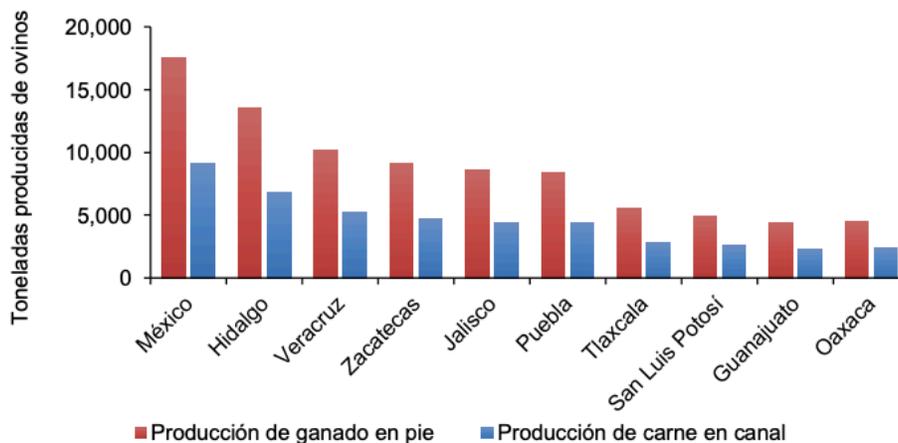


Figura 5. Principales estados productores de ovinos en 2018, SIAP (2019b).

Cabe mencionar que la producción de ovinos se desarrolla en una cadena de valor que incluye los siguientes eslabones: Proveedores de insumos, productores, bajo diferentes sistemas de producción; acopiadores-transformadores y el consumidor final (Espejel-García et al., 2015). Dichos actores interactúan entre sí para brindar al consumidor un producto tradicional bastante demandado, pues en México la producción de ovinos para carne se destina principalmente a la elaboración de un platillo típico llamado barbacoa, la cual se consume en eventos sociales y fines de semana en el centro del país; en la Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala (INEGI, 2013a).

## 2.8 Producción de ovinos para carne en el Estado de México.

Como se mencionó anteriormente, el Estado de México es la principal entidad productora de ganado ovino (Figura), aportando el 15% de la producción de ovinos en pie y el mismo porcentaje en la producción de ovinos para carne en canal (SIAP, 2019b), dirigiendo principalmente su oferta a la elaboración de barbacoa (INEGI, 2013; Mondragón-Ancelmo et al., 2018) que se consume al interior de la entidad y sus áreas conurbadas).

En el interior del Estado de México, los diez principales municipios productores de ovinos en pie aportaron en promedio el 36% de la oferta estatal durante el periodo 2010 y 2018. Dichos municipios coinciden con ser los diez principales productores de carne en el mismo periodo. (Figura 6).

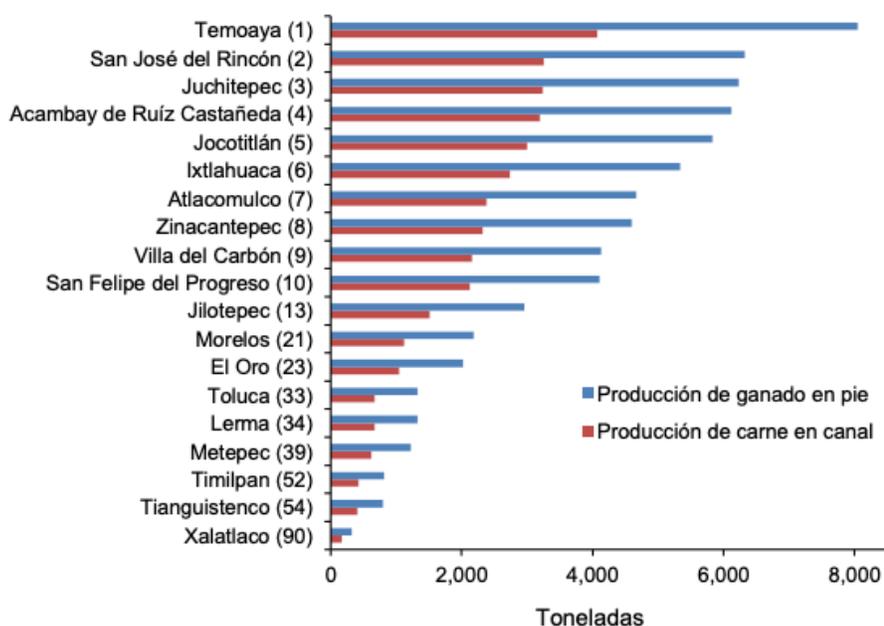


Figura 6. Producción por municipio en 2010 y 2018, SIAP (2019b).

## **2.8 Razas de ovinos**

El valor de una raza o genotipo radica en el que pueda identificar en ella un comportamiento acorde con los objetivos del sistema de producción y con el nivel de recursos disponibles del predio (alimentos, mano de obra, infraestructura, facilidad de manejo) (Leymaster, 2002). Desde el punto de vista genético, se entiende como raza a los individuos criados en un determinado medio ambiente, que poseen características comunes que los hacen diferenciables de otros ejemplares de la misma especie. Específicamente, una raza de carne o de “tipo” carnicero, es aquella que presenta un “paquete” de efectos genéticos que influyen en muchas características que afectan a la producción de carne (Leymaster, 2002). Según la FAO (2010), en el mundo hay más de 800 razas de la especie ovina. De acuerdo con la Unión Nacional de Ovinocultores (UNO, 2007) en México predominan ocho razas (Rambouillet, Sufflok, Hampshire, Dorset, Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper), en distintos sistemas de producción, las que componen gran parte de las razas Saint Croix, Romanov, Texel, East Friesian, Damara, Charollais, Ile de France, Polypay, Columbia y ovinos criollos, los cuales contribuyen al total del inventario nacional (Arteaga, 2012). La región centro cuenta con rebaños de raza Suffolk, Hampshire, Dorset, Pelibuey, Katahdin, Dorper, Charollais, Texel, Ile France, East Friesian, además del criollo, cruza de pelo y lana (De Lucas y arbiza, 2008; Partida et al., 2016).

## **2.9 Razas de ovinos de pelo**

### **2.9.1 Black belly**

Son ovinos de pelo de áreas tropicales, desarrollado en la isla de Barbados (Figura 7). Se encuentra en todo el país en todos los climas desde el trópico hasta las zonas templadas. Se caracteriza por ser rústico, prolífico no estacional, excelente habilidad materna, resistente a parásitos y enfermedades. Animales de talla media, pesos en hembras de 40-45 kg y en machos de 60 a 80 kg (AMCO, 2008).



Figura 7. Raza Black belly

### 2.9.2 Dorper

Raza cárnica, originaria de Sudáfrica, tiene la capacidad de conversión de pasturas en carne se adapta a diferentes climas (templado, frío, seco y tropical). El peso de los machos oscila entre 100 a 120 kg y las hembras entre 60 y 70 kg (Figura 8). Se encuentran ampliamente difundidas en todas las regiones de México y se destaca por su excelente conformación de los cuartos traseros (Contexto ganadero, 2012)



Figura 8. Raza Dorper

### 2.9.3 Charoláis

De origen francés, es un animal potente de gran tamaño, orejas de tamaño mediano, el cuerpo es ancho, pecho profundo y ancho, excelente conversión alimenticia (Figura 9). Se encuentran distribuidos en Querétaro, Jalisco, Aguascalientes e Hidalgo, los pesos en hembras son de 90-110 kg y en machos 120-150 kg (A.N.C.O.CH, 2014).



Figura 9. Raza Charoláis

### 2.9.4 Pelibuey

Ovino de pelo originario de África, representa el mayor inventario de ovinos en México. Su hábitat natural son las regiones cálidas: tropicales, subtropicales e incluso áridas (Figura 10). Sin embargo, exhiben una alta adaptabilidad, lo que ha propiciado que actualmente se encuentren difundidos por todo el territorio nacional. Son animales medianos, el peso de macho va de 80 a 90 kg y las hembras de 50 a 60 kg. Cuenta con tres coloraciones básicas: café, blanca y pinta; en algunas ocasiones llegan a presentar zonas de pelaje negro (Aguilar-Martínez et al., 2017).



Figura 10. Raza Pelibuey

### **2.9.5 Katahdin**

Originario de Estados Unidos especializado en producción de carne magra de excelente calidad. Raza de talla media. El peso de las hembras va de 60 a 70 kg y en carnero entre 120 y 130 kg. Animales prolíficos, con excelente habilidad materna, buena producción de leche, con alta resistencia a los parásitos (Figura 11). Destaca su ganancia de peso postdestete en condiciones de engordas intensivas, así como su precocidad y comportamiento en pastoreo (Sánchez, 2012).



Figura 11. Raza Katahdin

### **2.9.6 Saint Croix**

Raza de ovino de pelo (Figura 12) que se ha popularizado en el noroeste de México, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí. De color blanco, resisten al pastoreo en zonas de alta insolación. Ovinos rústicos, prolíficos y adaptables a todo tipo de climas desde los fríos y secos hasta los tropicales. Peso adulto de 45-50 kg en hembras y de 70-90 kg en machos (AMCO, 2008).



Figura 12. Raza Saint Croix

### **2.10 Sistemas de producción ovina**

El sistema de producción es un conjunto de técnicas relacionadas con el manejo, alimentación, selección y reproducción del rebaño, el cual se modifica por las condiciones ecológicas de la región o área geográfica y las características socioeconómicas de los productores. Este sistema reviste mayor importancia en áreas cercanas a centros urbanos de población, donde existe gran demanda de carne, que sería imposible satisfacer con un sistema extensivo, porque los ovinos son finalizados en confinamiento, alcanzando un tamaño. Los sistemas que se desarrollan en México son bajo tres tipos, involucrando factores como infraestructura, alimentación y mercado para su funcionamiento. Estos

sistemas se dividen en producción tecnificado, semitecnificado y de traspatio (Escobedo, 2010)

### **2.10.1 Sistema tecnificado**

Son aquellos que tienen un mayor índice de productividad (inventario de animales/toneladas de producción de carne). Se cuida la eficiencia productiva, existe inversión, se utiliza la tecnología de vanguardia y asesoría técnica profesional, su objetivo es la rentabilidad (Martínez-González et al, 2010).

### **2.10.2 Sistema semi- tecnificado**

Son productores tradicionales, pocos adelantados tecnológicos en algunas áreas de producción, baja productividad, alimentación extensiva tradicional, más mano de obra (Escobedo, 2010).

### **2.10.3 Sistema de traspatio**

Se caracteriza por manejar ovinos bajo cualquier sistema de alimentación, con un máximo de 20 vientres. No cuenta con infraestructura como tal, mano de obra familiar, mayor presencia de enfermedades (Carrera et al., 2014)

### **2.10.4 Sistema silvopastoril**

La producción animal es un componente fundamental de los agro ecosistemas y representa la forma de uso de suelo más extensa en el mundo (Naylor et al.,2005). Alrededor de una cuarta parte de la superficie continental mundial es utilizada para el pastoreo del ganado, y un tercio de la producción agrícola mundial es destinada a la alimentación animal (Steinfeld et al.,2006).

## **2.11 Tipos de alimentos para ovinos**

Los ovinos son más productivos cuando son alimentados apropiadamente con raciones de acuerdo con sus necesidades nutricionales y preferentemente a un bajo costo (Hamito, 2008), sin embargo, los piensos ya sean comprados o producidos constituyen una parte importante en los gastos de producción (Giménez, 1994). Los

ingredientes para la elaboración de alimentos para ovinos deben incluir proteínas, energía, calcio y fósforo (Hamito, 2008). Los nutrientes de los alimentos se encuentran concentrados en base seca y son liberados para que el animal los aproveche; para la alimentación de ovinos existen diversos criterios para clasificar los alimentos, uno de ellos es con respecto al contenido de agua el cual los divide en voluminosos y concentrados. Los voluminosos son conocidos así porque ocupan mucho volumen en relación a su valor nutritivo y pueden ser los forrajes como pajas de algunos cereales y los concentrados los cuales poseen un elevado valor nutritivo en relación a su peso e incluye a todos los granos de cereales como el maíz, cebada, trigo, sorgo.

También para su alimentación existen suplementos minerales y vitamínicos, así como aditivos, los cuales en sí no aportan nutrientes a los animales, pero son utilizados para mejorarlos, algunos son agentes colorantes, antibióticos, anabólicos, modificadores de la fermentación ruminal, aglomerantes o sustancias que realzan sabores y la palatabilidad (Castellano et al., 2015). Por otro lado, los alimentos concentrados contienen una fuente de proteína que puede ser por ejemplo la harina de soya, la sal y vitaminas como A, D y E (NRC, 2001), y en el caso de que el nivel de energía y proteínas sea el adecuado de acuerdo con las especificaciones del fabricante puede ser suministrado desde las 2 a 3 semanas de edad (Delano et al., 2002)

## **2.12 Procesamiento de granos**

### **2.12.1 Molido**

Es el método más común de procesamiento debido a que es el más económico y simple. Hay una gran variedad de equipos disponibles para controlar el tamaño de la partícula del producto terminado. El molino de los martillos es uno de los equipos más utilizados en donde el tamaño de la partícula es controlado por cambio de la criba, sin embargo, el producto terminado genera más polvo durante la molienda

que el molino de rodillos u otro tipo de equipo (Mendoza y Velasco, 2016). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales métodos de procesamiento de los granos. Fuente: (Mendoza y Velasco, 2016)

Procesos en seco	Procesos en húmedo
Grano entero	Remojado
Molido	Rolado al vapor
Rolado en seco o quebrado	Hojuelado al vapor
Reventado	Reconstituido
Extrudizado	Explotado
Micronizado	Cocinado a presión
Tostado	Coceado tempranamente
Peletizado	Ensilado de maíz
Termalizado	Ensilado de sorgo

### 2.12.2 Quebrado

El proceso de quebrado o rolado consiste en pasar el grano a través de un juego de rodillos acanalados. El tamaño de partícula varía de grueso a fino influenciado por el peso de los rodillos, presión y espacio, contenido de humedad y velocidad de flujo del grano. Desde hace varios años se conoce que el grano de maíz debe ser procesado para una máxima digestión. Las partículas que son largas e hidrofóbicas resistirán el ataque microbiano en el rumen y al ataque enzimático en los intestinos. El grano puede ser molido o rolado para reducir el tamaño de partícula medio (Moe y Tyrrell, 1976).

### **2.12.3 Hojuelado a vapor**

En este proceso el grano es cocinado al vapor bajo presión atmosférica por 10-30 min. Para incrementar el contenido de humedad de 18 a 20% y entonces es pasado a través de rodillos corrugados para producir hojuelas delgadas. El hojuelado al vapor de los granos de cereales ha sido utilizado en ganado de engorda desde los años 60 (Matsushima, 2006) y el grano de gelatinización y desnaturalización de la proteína en el grano hujuelado varia con las condiciones de procesamiento. Cinco factores de producción cítricos afectan la calidad del hojuelado: la temperatura de la cámara de vapor, el tiempo de cocimiento, la corrugación, el hueco y la tensión de los rodillos. El grosor de la hojuela y densidad (peso bushel) son utilizados como índices de control de calidad en donde la disponibilidad de almidón (glucosa liberada durante la exposición a las enzimas amilolíticas) a menudo es medida en un laboratorio después de que el grano es ofrecido a los animales. La digestión del almidón en el tracto total para novillos excedió 95% cuando la densidad de la hojuela estuvo por debajo de 38 libras por bushel. Se recomienda que el procesamiento no exceda a través de la gelatinización más del 50% máxima de la digestibilidad del almidón pues se puede deprimir el consumo de alimento (acidosis subaguda) particularmente al inicio de la engorda y en animales de talla pequeña (Mendoza y Velasco, 2016).

### **2.12.4 Extrudizado**

El proceso de extrusión involucra altas temperaturas en corto tiempo, en donde los materiales son expuestos a una combinación de alto grado de corte, temperatura y presión, dependiendo de los parámetros del proceso. Los cambios que ocurren son gelatinización del almidón, desnaturalización de la proteína, destrucción de componentes anti-nutricionales. Los principales factores pueden afectar la gelatinización del almidón con el contenido de humedad y la temperatura (Shabi et al., 1999)

## 2.13 Requerimientos nutricionales de los ovinos

### 2.13.1 Proteína para ovinos

Es esencial para proporcionar energía, construcción y reparación de tejido. La proteína suministrada a través de la dieta es sometida a una degradación progresiva en el rumen y solo una porción de esta llegara al intestino donde podrá es absorbida y aprovechada por el animal por esta razón, para la alimentación de los rumiantes es necesario conocer y estimar la degradación de la proteína en sus sistema digestivo mediante un fraccionamiento en base a sus solubilidad y degradabilidad (Cuadro 2) en fracción A, fracción B que a su vez se divide en B1, B3 y la fracción (Velázquez-De Lucio et al., 2017).

Cuadro 2. Fracción de las proteínas en base a la solubilidad y degradabilidad. (Velázquez-De Lucio et al., 2017).

FRACCION A		
Nitrógeno no proteico (NNP)		
Degradación rápida en el rumen y soluble		
FRACCION B		
B1 Rápidamente degradada en el rumen	B2 Degradada parcialmente en rumen e intestino delgado	B3 (Proteína de sobrepaso) Degrada lentamente en el rumen. Asociada a la pared celular. Se degrada en el intestino delgado
FRACCION C		
Proteína Insoluble		
Asociada a la lignina		
No se degrada en el rumen ni el intestino delgado		
Proteína no utilizable		

### **2.13.2 Energía para ovinos**

Es necesaria para mejorar los procesos metabólicos sin ella no se producen reacciones químicas y musculares, la leche y la lana no podrían ser sintetizadas. Se necesita un suministro para mantener sus funciones corporales (Moverse, crecer, producir leche-musculo y reproducirse). La energía se obtiene a través de carbohidratos (Azúcares, almidón y celulosa) y grasas en la dieta. La cantidad necesaria depende del objetivo del ovino y en el ambiente en el que se desarrolla (Oriella y Bravo, 2012).

### **2.13.3 Minerales**

#### **2.13.3.1 Calcio (Ca) y fosforo (P)**

Son los más importantes estos se expresan en g/kg de alimento ayudan a formar tejido, ayudan al impulso nervioso y contracciones musculares. Su metabolismo está íntimamente ligado por ellos es importante cubrir las necesidades y en términos generales debe ser:  $Ca/P = 2:1$ . La relación  $Ca/P$  debe adaptarse al tipo de alimentación si es a base de gramíneas 3: 1, con leguminosas 1:1 y si es mezcla 2:1 (Cuadro 3) (Sánchez, 2011).

#### **2.13.3.2 Magnesio (Mg)**

Se distribuye ampliamente en el cuerpo, su contenido en el organismo es mayor a cualquier otro mineral. Es necesario para el desarrollo normal del tejido óseo, El requerimiento de Mg en la dieta puede derivarse de la formación publicada por el ARC (Espinoza, 2016).

Cuadro 3. Exceso por minerales. Fuente: Modificado de INATEC, 2016.

MINERALES	
Calcio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia: Huesos frágiles, baja producción láctea</li> <li>- Exceso: Bajo porcentaje de gestación</li> </ul>
Fosforo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia: Pobre estructura ósea</li> <li>- Exceso: Quistes foliculares.</li> </ul>
Potasio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia: Debilidad muscular</li> <li>- Exceso: Interfiere en el metabolismo del magnesio</li> </ul>
Magnesio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia: Hipomagnesemia</li> </ul>
Sodio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencia: Apetito insaciable</li> </ul>

#### 2.13.4 Vitaminas

Son componentes de coenzimas y enzimas que no pueden ser sintetizadas por el organismo excepto las vitaminas del complejo B son sintetizadas por los microorganismos. (Figura 13). Las vitaminas según su grado de solubilidad se clasifican en: vitaminas insolubles (complejo B y vitamina C) y liposolubles (Vitamina A,D,E,K). Las liposolubles se absorben en conjunto con las grasas y las insolubles se absorben en agua y se liberan fácilmente en orina (Hernández, 2018).

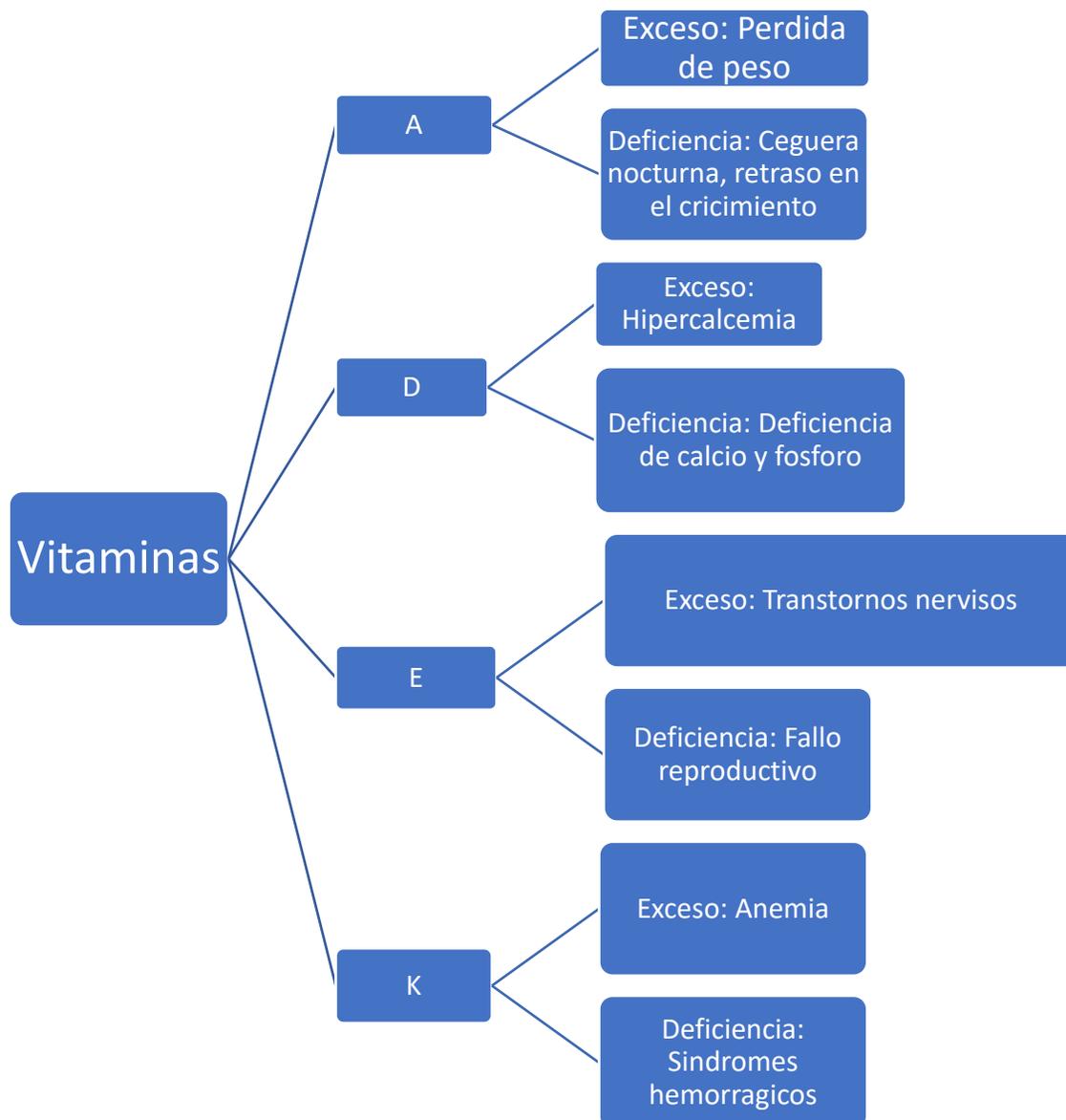


Figura 13. Exceso por vitaminas. Fuente: Modificado de INATEC, 2016

### 2.13.5 Fibra

Una de las principales funciones es evitar trastornos digestivos. La producción intensiva de ovinos ha ocasionado un desabasto de rastrojo de maíz. Esquilmos de sorgo, paja de avena, trigo y de cebada ocasionado que sea insuficiente para los animales rumiantes. Por consiguiente, hay un incremento considerable en su costo y reduciendo la disponibilidad. Sin embargo, las fuentes de fibra para engorda

permite evaluar alternativas de diferentes esquilmos que aporten nutrientes para mejorar la eficiencia productiva (Guerra-Medina et al., 2015).

#### **2.13.6 Agua**

El agua es componente esencial en el organismo y representa del 60 al 70% del peso corporal. Se obtiene a través del agua de bebida, forrajes frescos y agua metabólica formada por la oxidación de los nutrientes. Se pierde, a través de las heces, orina, al respirar y en forma de sudor. Cumple funciones en el metabolismo intermedio, es decir, todas las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el animal necesitan agua, también desempeña un papel fundamental en el transporte y eliminación de residuo y mantiene la temperatura corporal del animal (INATEC, 2016)

#### **2.14 Sistema de alimentación para ovinos en engorda**

La engorda de corderos se realiza en confinamiento y con dietas elaboradas con alimentos energéticos y proteicos de alta digestibilidad, en combinación con sales minerales. La cantidad de alimento y de nutrimentos que reciben los corderos en engorda está en función de la raza, ganancia de, pero, peso vivo y edad del cordero (Martínez, 2000). Para que los corderos tengan altas ganancias de peso deben consumir entre el 4 y 5% de su peso vivo (Ortega y Bores, 2000)

La cantidad de energía que deben consumir los corderos en crecimiento aumenta conforme aumenta la ganancia diaria de peso. Es decir, los corderos cuyas razas tienen un alto potencial genético para ganancia diaria de peso deben recibir dietas con alta cantidad en granos de cereales, balanceadas en energía, proteína y minerales.

Es posible lograr ganancias diarias de peso mayores a 300 g con ovinos de pelo y con cruce de lana con pelo (Galaviz, 2007). Sin embargo, cuando se engordan corderos de razas especializadas para carne se pueden lograr ganancias diarias de peso de 400 g.

Corderos entre 15 y 25 kg de peso vivo, al inicio de la engorda, deben consumir una dieta con 160 g de proteína por kg de MS del alimento total, sin embargo, corderos entre 35 y 40 kg de peso vivo necesitan consumir 140 g de proteína por kg. De MS de la dieta (NCR, 2007)

Finalmente, para lograr las ganancias de peso esperadas en los corderos engordados debe incluirse en la dieta una mezcla de minerales tanto macro como micro-minerales (Cuadro 4), de acuerdo con las recomendaciones de las tablas de necesidades nutricionales del ovino (NRC, 2007).

Cuadro 4. Requerimientos nutritivos de los ovinos en engorda. Fuente: (Ceballos, 2011).

<b>PESOS (KG)</b>	<b>E.M (MCAL/KG)</b>	<b>P.C</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>
<b>10</b>	2,9	18-19	0,54	0,24
<b>20-35</b>	2,5-2,8	16-17	0,51	0,24
<b>34-45</b>	2,7	15-16	0,55	0,28
<b>45-60</b>	2,7	14	0,55	0,28

Para lograr que los ovinos en engorda expresen su potencial genético en corrales de engorda, debe hacerse una planificación de la alimentación durante el periodo de engorda. E primer paso es conocer las necesidades de alimento seco y nutrimentos de los ovinos a engordar. Segundo paso es revisar las dietas que se emplean en la engorda cada 10 kg de aumento en el peso vivo de los corderos a engordar. Esto con el fin de asegurar que las dietas cubran las necesidades de energía, proteína y minerales de los ovinos y hacer dietas a un bajo costo. El paso final es hacer un plan de suministro de alimento, es decir establecer la frecuencia

de alimentación los corderos a engordar. Para este paso se recomienda checar los comederos tres veces al día, mañana, medio día y tarde para asegurar que los corderos tengan alimento y agua todo el tiempo. En este experimento se checo los comederos y bebederos 2 veces al día, una en la mañana y la otra en la tarde.

## **2.15 Parámetros productivos**

La planificación y ejecución en toda actividad productiva deben ser acompañadas de una evaluación que permita conocer el desempeño y a la vez realizar los ajustes necesarios. En nuestro país llama la atención el bajo porcentaje de ganaderos que calculan y utilizan los indicadores de productividad en la producción ovina. Esto puede atribuirse a diversos factores, entre los que destacan: la escasa utilización de identificación animal, escasa utilización de registros productivos, desconocimiento de los indicadores de mayor interés económico (Fundación Chile, 2008)

Para la obtención de parámetros productivos, lo cual se convierte en una valiosa ayuda en relación con el control de los mismos, al permitir detectar y corregir los posibles errores cometidos en la unidad de producción, por consiguiente, decir el tipo de actuaciones que se van a realizar para corregir dichos errores y también poder tomar decisiones, los principales parámetros productivos que se deben evaluar en una unidad de producción son los siguientes: Ganancia total de peso (GTP), ganancia diaria de peso (GDP), eficiencia alimenticia (EA), conversión alimenticia (CA) y calcular el costo de producción. (Danza, 2002).

## **2.16 Uso de promotores de crecimiento en la alimentación de corderos.**

Debido a un incremento en la demanda de productos cárnicos fue necesaria la intensificación de sistemas de producción de bovinos, ovinos y porcinos carne, cuyo principal objetivo es incrementar la producción de carne en el menor tiempo posible

y con el menor costo, además de que el producto resultante sea de calidad teniendo menos contenido de grasa (Bohorov 1995, citado en Romero, 2011).

El empleo de promotores de crecimiento en la alimentación animal permite mejorar las tasas de crecimiento y la disminución de los índices de consumo. Comúnmente se conoce como promotor de crecimiento a toda aquella sustancia que no es vital para la función biológica pero que es capaz de aumentar la velocidad de crecimiento o mejorar la conversión alimenticia; dentro de estas sustancias se encuentran antibióticos, enzimas, ácidos grasos, hormonas, modificadores del metabolismo o agentes repartidores de energía representando a este grupo último están los  $\beta$ -AA y la hormona del crecimiento (Sumano y Ocampo, 1997) y (Fardo et al., 2011).

Una de las condicionantes de los promotores de crecimiento es la inocuidad, es decir, estas sustancias no deben poner en riesgo la salud de los animales que lo ingieren ni mucho menos la salud de las personas que consumen los productos y derivados de esos animales (Sumano y Ocampo, 1997).

## **2.17. Modificadores del metabolismo**

Una de las alternativas que permiten mejorar la producción y eficiencia de los animales se encuentra en la manipulación del sistema endocrino importante en la regulación de la velocidad de crecimiento (Lortie, 2002). Conocidos también como agentes repartidores de nutrientes, se conocen así a las sustancias que redireccionan los nutrientes destinados a síntesis de tejido adiposo hacia la síntesis de proteína muscular, de este modo permiten mejorar el comportamiento productivo y las características de la canal de los animales a los que se les suministran estas sustancias. Dentro de este grupo se encuentran la hormona del crecimiento y los  $\beta$ -AA, este último tiene dos cualidades muy importantes aumentar la masa muscular a través de una mayor síntesis de proteínas y disminuir la cantidad de grasa en las canales causado por un aumento de la lipólisis y una disminución de la lipogénesis.

Ricks et al., (1984) menciona que la repartición de nutrientes mejora la eficiencia del animal. La energía requerida para la síntesis de proteína y grasa es aproximadamente igual, sin embargo, el musculo contiene más agua que el tejido adiposo, por lo tanto, la cantidad de energía para sintetizar 1 kg de tejido adiposo es mucho más alta que la requerida para sintetizar un kilogramo de muscular en lugar de 1 kg de grasa será menor, resultando en incremento de la eficiencia animal. Los efectos de los modificadores del metabolismo se basan en como el animal utiliza los nutrientes absorbidos. Dentro de los modificadores del metabolismo animal el más utilizado en la producción de bovinos y ovinos carne son los  $\beta$ 2-AA (NRC, 1994).

## **2.18 $\beta$ -agonistas adrenérgicos**

En 1965 se presentaron datos que indicaban la posibilidad de modificar el crecimiento de los mamíferos al suministrar agonistas adrenérgicos beta sintético. Se sugirió que directa o indirectamente podrían incrementar el peso corporal al modificar la concentración intracelular del AMPc. A principios del decenio de 1980, se demostró que la administración por vía oral de este tipo de fármacos en bovinos, aves, cerdos y ovinos aumentaba la masa muscular y disminuía la cantidad de grasa corporal. Según diferentes autores, los efectos de los agonistas adrenérgicos beta no son tan pronunciados en aves como en los ovinos, en cerdos el efecto es calificado como intermedio y en el ganado bovino la respuesta es buena y similar a la del ovino. En México se obtuvieron resultados similares con el clenbuterol suministrado en el alimento, tanto en cerdos como a aves. Sin embargo, en estas se requirió una dosis hasta cinco veces mayor que la utilizada en otras especies para obtener resultados tangibles. A estos resultados siguieron, ractopamina, zilpaterol y salbutamol (albuterol), aplicados a diferentes especies (Sumano y Ocampo, 2006).

Uno de los efectos más obvios derivado de la administración de los agonistas adrenérgicos beta en bovinos, cerdos y ovinos es el aumento en la masa

muscular. Se reconoce que un incremento de la síntesis proteínica muscular y un decremento en la degradación de esta, o una combinación de ambos, producen aumento de la masa muscular. La aplicación de agonistas adrenérgicos beta, amplifica estos efectos y se acompaña de incremento en la cantidad de tRNA para varias proteínas del musculo esquelético, entre las que se encuentran: el mRNA para la miosina de cadena ligera; el mRNA de la  $\alpha$ -actina y el inhibidor de proteasas. (Sumano y Ocampo, 2006).

Los agonistas adrenérgicos beta pueden incrementar el flujo sanguíneo a ciertas regiones del cuerpo. Este aumento permite el proceso de hipertrofia en el musculo esquelético al transportar mayores cantidades de sustratos y fuentes de energía para la síntesis proteínica.

El clorhidrato de zilpaterol y el clorhidrato y el clorhidrato de ractopamina son los únicos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos permitidos en México (NOM-EM-15-Zoo-2002), ya que se obtiene el mejorar las características de la canal y calidad de la carne con un bajo riesgo para el consumidor.

En Europa no se permite el uso de  $\beta$ AA en la producción animal (Kuiper et al., 1998) por razones de salud pública: en México, se han usado algunos, como clorhidrato de zilpaterol (CZ) en bovinos y ovinos (Plascencia et al., 1999; Castellanos et al., 2006; Salinas et al., 2006), y el clorhidrato de clenbuterol en bovinos (Gesensink et al., 1993; Sillence et al., 1993). Sin embargo, el uso indebido de clenbuterol ha causado riesgos a la salud pública; por lo tanto, en México la NOM.061-ZOO-1999 prohíbe su uso. Esta norma excluye a la ractopamina y el CZ, que son fármacos con menor potencia en la bronco dilatación, vasoconstricción y en la frecuencia cardiaca (Sumano et al., 2000). Sudáfrica es otro país que permite el uso de CZ en bovinos, en dosis similares (0.15 mg kg<sup>-1</sup> PV d<sup>-1</sup>) a las aprobadas para uso en México (Plascencia et al., 1999; Castellanos et al., 2006).

### 2.18.1 Estructura química de los $\beta$ -agonistas adrenérgicos

Las propiedades que hacen diferente la respuesta intrínseca de los  $\beta$ AA (Figura 14) radican en las características de sus grupos constituyentes, que propician una distinta farmacocinética, la cual determina la magnitud del efecto y la persistencia de residuos en los tejidos animales. Por ejemplo, el clenbuterol para mostrar actividad, requiere de la presencia de un anillo aromático con un grupo hidroxilo en la posición  $\beta$  del grupo alifático. Al mismo tiempo, la presencia del cloro en clenbuterol lo hace más liposoluble que sus análogos y por consecuencia tiende a difundirse profundamente en los tejidos, minimizando su excreción; sin embargo, todos los  $\beta$ AA serían más liposolubles de no ser porque la amina, que todos tienen, se encuentra a un pH fisiológico menos al del estómago. Esta respuesta es determinada por los tipos de receptores adrenérgicos encontrados en la membrana celular, a los cuales, el  $\beta$ AA se unirá para llevar a cabo su respuesta fisiológica (Sumano et al., 2002).

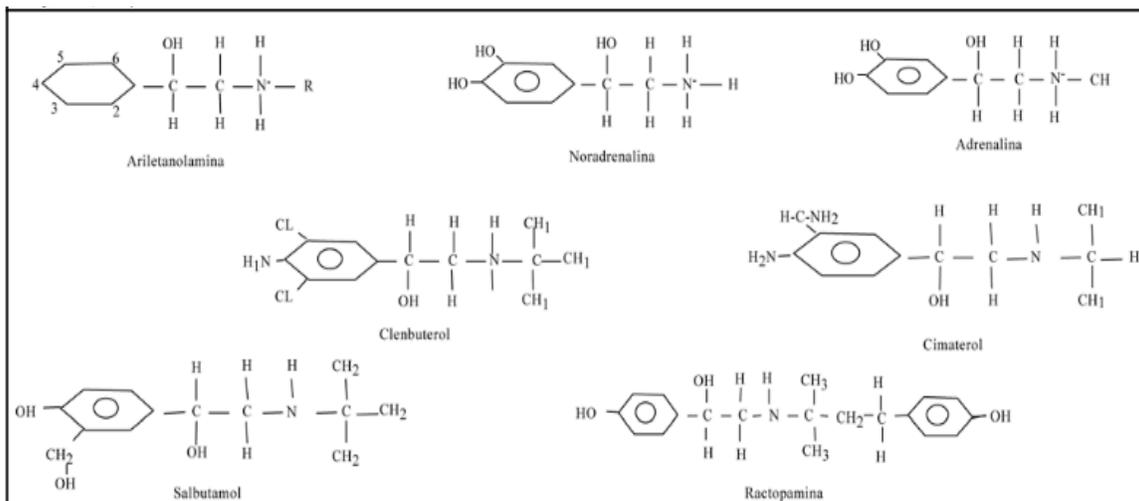


Figura 14. Formulas de la ariletanolamina, de algunos  $\beta$ -agonistas y de los mediadores fisiológicos, adrenalina y noradrenalina (Smith y Paulson, 1997; Shelver y Smith, 2016).

### 2.18.2 Receptores $\beta$ -adrenérgicos

Los receptores  $\beta$ -adrenérgicos son proteínas conformadas por 450 a 600 aminoácidos y tienen un peso molecular de 40 a 50 KDa (Soria y Arias, 1997). Se conocen como tres subtipos de receptores  $\beta$ -adrenérgicos, los cuales son  $\beta$ 1,  $\beta$ 2,  $\beta$ 3 (Drenann, 1994) describió a los receptores  $\beta$ 1 en el miocardio y los receptores  $\beta$ 2 en el sistema nervioso central y en el conducto bronquial; (Ganong, 2001), indicó que ambos subtipos de receptores  $\beta$  incrementan el adenosina monofosfato cíclico (AMPc); según este autor, estos receptores consisten en una proteína que atraviesa la membrana celular siete veces, formando tres asas intracelulares y tres extracelulares a los que se unen la adrenalina y la noradrenalina. En la mayor parte del celular de los mamíferos se han encontrado receptores  $\beta$ -adrenérgicos; sin embargo, su distribución y proporción varían de un tejido a otro, en cada especie animal (Mersmann, 1998). Por ejemplo, en ovinos los receptores  $\beta$ 1 y  $\beta$ 2 coexisten en el bíceps posterior del animal y en el área del músculo *Longissimus dorsi* (Koohmaraie et al., 1991; Ekpe et al., 2000).

Un ejemplo de cómo actúa un receptor de la membrana celular, es la formación del complejo agonista-receptor  $\beta$ -adrenérgico (Figura 15), con la intervención de la proteína G (reguladora de nucleótidos de guanina), que activan la enzima adenilciclase (AC) y en consecuencia incrementa un segundo mensajero intracelular, el AMPc. Este actúa sobre un efector secundario llamado proteinkinasa (PKA), el cual modifica el funcionamiento celular para generar otros efectos (Mersmann, 1998; Ferguson, 2001).

## 2.18.2 Mecanismos de acción de los $\beta$ AA en el metabolismo

### *Tejido adiposo.*

Los  $\beta$ AA aumentan marcadamente el metabolismo degradativo de los lípidos en el adiposo, por lo tanto, impiden y reducen la deposición de grasa (Mersmann, 1998; 2002; Van Hoof et al., 2005). La activación de los receptores  $\beta$ AA, causa un aumento en el AMPc, que activa a la proteína quinasa A, la cual a su vez fosforila a la hormona sensible a la lipasa. La lipasa fosforilada es la forma activa que inicia la lipólisis (Mersmann, 2002).

Los ácidos grasos son producidos y exportados de adiposo para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. La síntesis de ácidos grasos y la esterificación de ácidos grasos dentro del triacilglicerol, que es la primera molécula energética almacenada en el adiposo, ambos procesos son inhibidos por los  $\beta$ AA. Por lo tanto, un aumento en el catabolismo (lipólisis) y una reducción en el anabolismo (lipogénesis) de los lípidos en el adiposo, conducirá a una hipertrofia reducida del adiposo y en consecuencia a una reducción del depósito de grasa en la canal (Smith, 1998; Mersmann, 1998). Sin embargo, se han indicado algunos  $\beta$ AA en adipositos de determinados animales, los cuales no han tenido efecto alguno (Mills y Mersmann, 1995). En ovejas la respuesta al uso prolongado de los  $\beta$ AA no es clara; (Oksbjerg et al., 1996) indicaron que los efectos de los  $\beta$ AA en el tejido adiposo son menores que en el músculo.

### *Tejido muscular*

Los  $\beta$ AA aumentan la perfusión sanguínea hacia el músculo, así como una mayor disponibilidad de energía y aminoácidos, en consecuencia aumenta la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular, principalmente de los músculos del cuarto trasero de animal (Li et al., 2000); Ekpe et al., 2000; Castelanos et al., 2006). El músculo, además de la hipertrofia, ocurren cambios en el tipo de

fibra muscular, también hay cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina (Miller et al., 1988). En ovinos y bovinos se ha observado que aumenta el peso de los músculos en 40%, y que la magnitud de la respuesta varía dependiendo del  $\beta$ AA suministrado, así como de la influencia de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (Mersmann, 1998).

### **2.18.3 Efectos de los $\beta$ AA en el ganado**

#### *Comportamiento productivo*

En estudios realizados con ovinos alimentados con el  $\beta$ AA CZ (Anaya et al., 2005; Lopez et al., 2003; Salinas et al., 2006; Mondragon et al., 2008), o con el L-664,969 (Shackelford et al., 1992; Koohmaraie et al., 1996) no se mejoró la respuesta productiva. En contraste, en un estudio en ovinos que recibieron CZ (Salinas et al., 2004) se mejoró la ganancia de peso en 60%. También en bovinos se han observado efectos significativos sobre la ganancia de peso atribuible al CZ (Garza et al., 1997; Garcés et al., 1998; Placencia et al., 1999; Castellanos et al., 2006; Avendaño et al., 2006).

Cunningham (1965) demostró que podía aumentarse la tasa de crecimiento animal al darle sustancias que promueven mayores concentraciones de AMPc en la célula, por ejemplo, cafeína, teofilina, nicotina y epinefrina. Posteriormente, Ricks et al. (1984) indicaron que podía manipularse el crecimiento animal con el uso de clenbuterol en la dieta. Mersmann (1998) señaló que determinados  $\beta$ AA no inducen el mismo efecto en todas las especies, debido posiblemente a que los receptores  $\beta$ -adrenérgicos del tejido “blanco” no se activan adecuadamente, o bien, porque los mismos receptores se inactivan rápido; o tal vez porque algunas especies tienen un número limitado de estos receptores, lo cual disminuye la respuesta. Debido a estas variaciones, los efectos producidos en el metabolismo de los nutrientes, por el

suministro de un  $\beta$ AA, son difíciles de comprender, pero se han aprovechado con fines prácticos en la producción animal.

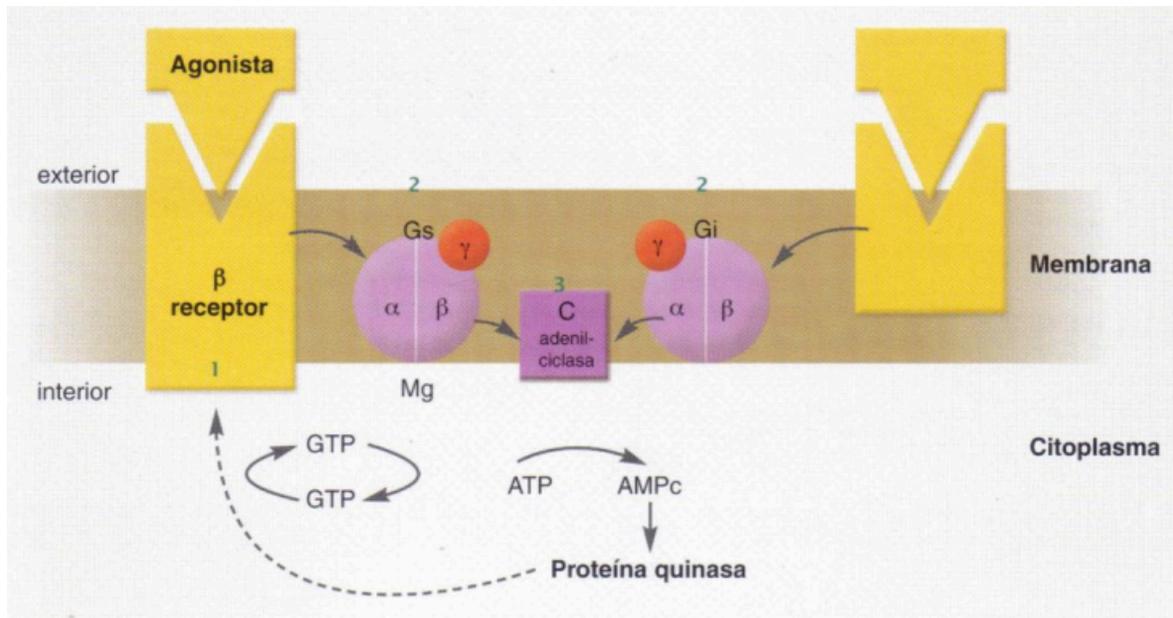


Figura 15. Principales receptores B-adrenérgicos (B1, B2) con su respectivo sistema transductor (Proteína G); su efector primario (enzima adenilciclasa, AC); segundo mensajero (Adenosin Monofosfato cíclico, AMPc); y su efector secundario (proteinkinasa, PKA) (Fuente: Mersmann, 1998; Ferguson, 2001).

### Características de la canal

Los  $\beta$ AA disminuyen el contenido de grasa en la canal de ovinos (Koochmaraie et al., 1996) y bovinos (Moloney et al., 1990; Castellanos et al., 2006). También se ha observado que aumenta el área del *Longissimus dorsi* en ovinos (Salinas et al., 2004; Shackelford et al., 1992; Mondragón, 2008), aumenta la retención de proteína muscular. En la actualidad, estos efectos han tenido un impacto importante, debido a la creciente demanda de carne magra por parte del consumidor, enfatizando en la composición de la canal con menos grasa, tanto intramuscular como de cobertura y mayor masa muscular (Nourozi et al., 2005; Mohammadi et al., 2006). Esto también se traduce en mayor beneficio económico (Cañeque y Sañudo, 2000). Sin embargo,

en otros estudios, no se ha encontrado efecto alguno sobre la disminución de grasa en la canal de ovinos (Shackelford et al., 1992; Koohmaraie et al., 1996) y en bovinos (Garza et al., 1997; Zorrilla et al., 1998); así como en el área del *Longissimus dorsi* y la retención de proteína muscular en ovinos (Salinas et al., 2006; Koohmaraie et al., 1996).

### *Calidad de la carne*

Las características deseables o indeseables dependerán, según el destino de la carne (López et al., 2000). La carne destinada para barbacoa requiere canales con determinado contenido de grasa, lo que no sucede con los cortes finos, por la preferencia de carne marmoleada o con determinado contenido de grasa intramuscular, que le permita mantener buena textura, jugosidad y sabor; por lo tanto, la calidad de la carne que se obtiene, en términos de sus propiedades físicas y químicas, al utilizar  $\beta$ AA, puede representar una oportunidad de mercado. Otra característica de la carne, que le confiere buena aceptación por parte del consumidor, es su ternera (medida como la fuerza necesaria para cortarla). La ternera es considerada internacionalmente un parámetro fundamental de calidad, porque incide directamente en el precio de venta de los diferentes en el precio de venta de los diferentes cortes de una canal, de tal manera que aquellos cortes de mayor valor suelen ser los más tiernos y por ende admiten formas rápidas de cocción (Bianchi et al., 2004). En ovinos, los  $\beta$ AA modifican la ternera, 10.9 vs 8.2 kg por cm<sup>2</sup> (Koohmaraie et al., 1996), posiblemente porque en musculo hay mayor degradación proteica en los primeros 20 días *postmortem*; esto se debe a la actividad de las enzimas calpastatinas que inhiben a las proteasas, lo que a su vez impide la degradación de las proteínas musculares, dando como resultado una carne menos suave. Al respecto, Mondragón (2008) indico que el CZ aumento el contenido de agua, proteína y la dureza del musculo *Longissimus dorsi* en la carne de ovinos con alimentación intensiva. En carne de bovinos tratados sin y con CZ, (Avendaño et al., 2006) indicaron valores mayores ( $P < 0.05$ ) de fuerza de corte (4.39

vs 5.11 Kg por cm<sup>2</sup>), atribuible a que probablemente se presenta poca actividad proteolítica y por lo tanto, mejor suavidad de la carne (Chacón, 2004). La terniza establecida por la industria cárnica ovina de Estados Unidos y Nueva Zelanda indica que para retener o acceder a nuevos mercados debe ser menor o igual a una fuerza de corte de 5 kg por cm<sup>2</sup> (Bickerstaffe, 1996).

Referente a estudios de sensorial en la carne de rumiantes tratados con  $\beta$ AA hay poca información en Mexico. Mondragon (2008) indico que la barbacoa de ovinos en engorda tratados con ZC no presento diferencias en estudio sensorial. En carne de cerdos tratados con ractopamina, tampoco se modificó la palatabilidad del musculo *Longissimus dorsi* (Stoller et al., 2003).

#### **2.18.4 Intoxicación por $\beta$ AA**

Información sobre efectos dañinos a la salud pública por el uso indebido de clenbuterol en Estados Unidos y la Unión Europea (Mitchell y Dunnavan, 1998), originaron su prohibición en casi todo el mundo. En México, en el periodo de 2002 a 2006, se registraron 192 brotes de intoxicación por clenbuterol, con un total de 1300 casos; sin que hasta el momento se informen defunciones; los casos por estado fueron: Jalisco (625 casos), Ciudad de México (326 casos), Guanajuato (144 casos), Nayarit (45 casos), Hidalgo (43 casos). El alimento consumido por las personas estuvo implicado en la mayoría de los brotes; en el 70% de los casos fue el consumo de hígado de res, dentro de un periodo de tiempo de 30 minutos a seis horas posterior a la ingesta, presentaron dos o más de las siguientes manifestaciones: taquicardia, cefalea, palpitaciones, náuseas, ansiedad, angustia y malestar general (Vallejos et al., 2007), con duración de 40 horas en promedio (Serrano et al., 2002). Para evitar intoxicaciones, los residuos de clenbuterol en productos animales no deben superar concentraciones de 0.5 mcg por kg en leche, los cuales son los límites máximos de residuos recomendados por el Comité para Productos Medicinales Veterinarios de la Agencia Europea de Evaluación de Medicamento (Serrano et al., 2002). En el caso del clorhidrato de zilpaterol, los límites máximos de residuos para los diferentes tejidos comestibles son (ppb):

hígado y riñón 30, tejido adiposo 20 y musculo 1. En el año 2000, la Sagarpa, en el Estado de Jalisco, identifico reses cuya corpulencia no correspondía con el fenotipo de la raza equivalente; la misma dependencia, en Querétaro, detecto la producción clandestina de clenbuterol. En el año 2001, se notificó un brote de intoxicación que resulto positivo por esta sustancia en humanos, asociado al consumo de hígado de res y otras vísceras. Solo en el caso del clenbuterol se han documentado intoxicaciones; de enero a marzo de 2002 se notificaron 122 casos en humanos en seis entidades del país, todos con antecedentes de consumo de hígado de res, derivando de la ingesta del fármaco por residuos en productos de origen animal (Vallejos et al., 2007). En los casos de clorhidrato de zilpaterol y ractopamina, cuando se usan adecuadamente en la producción animal, no deben representar riesgo a la población que consume productos cárnicos de animales alimentados previamente con estos  $\beta$ AA; debido a sus propiedades químicas, estos compuestos se consideran de baja magnitud de riesgo asociado con el consumo de tejidos de animales tratados (Smith, 1998). No obstante, en diferentes trabajos realizados en ovinos y bovinos, se reportan niveles de residuos variables. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden diferir de acuerdo con el  $\beta$ AA empleado, dosis, unidad de producción y características de los animales empleados; por lo tanto, es necesario desarrollar más investigaciones para conocer los factores que originan esta variación, de tal manera que nos permitan fundamentar el uso de los  $\beta$ AA o su definitiva eliminación en la alimentación del ganado.

## **2.19 Clorhidrato de ractopamina**

La ractopamina es una pequeña molécula orgánica clasificada por su estructura química como feniletanolamina (Muller 2000). Es un beta-adrenérgico que incrementa la retención de nitrógeno y la síntesis proteínica, generando una masa muscular deseable en una canal; promueve la lipólisis, suprime la lipogénesis e incrementa la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Debido a los cambios en su estructura química y a su farmacocinética, los efectos en el animal difieren de los otros agonistas beta. Se considera poco toxico para el ser humano utiliza. Se

considera poco tóxico para el ser humano, y se utiliza principalmente en cerdos (Velázquez, 2015).

### **2.19.1 Farmacocinética**

(Sumano, Ocampo, & Gutiérrez, 2002) menciona que al administrarse por vía oral se absorbe rápidamente. Se biotransforma por glucuronidación hepática y no es sustrato para las cateco-metil-transferasas tisulares (COMT). En cerdos tiene biodisponibilidad del 88%. Farmacológicamente es tan débil que se biotransforma y depura con rapidez; tanto, que es imposible considerar que induzca efectos cardiovascular adversos o de otra índole, aun consumiendo productos de origen animal provenientes de bovinos y cerdos en los que no se hubiera guardado ningún periodo de retiro.

### **2.19. 2 indicaciones y dosis**

La ractopamina incrementa la GDP (Ganancia de peso), mejora la conversión alimenticia, incrementa el rendimiento en canal, genera carne magra, disminuye el desecho de compuesto activo en heces y no altera la calidad de la carne en cuanto a sabor, color, textura y marmóreo. Se utiliza mayormente en cerdos y se menciona que la raza no afecta su eficacia. Es un fármaco aprobado por la FDA (Foods and Drugs Administration) de los EE. UU, pero su uso debe evaluarse en cuanto al costo-beneficio que se obtiene de éste, porque si bien es cierto que la canal puede ser de buena calidad, el costo por tratamiento suele ser elevado, además de que se requiere incrementar la cantidad de aminoácidos en la dieta suministrada; por ejemplo, en cerdos se recomienda adicionar 6.5 g de lisina digestible/cerdo/día. Los niveles de energía se mantienen y se recomienda suplementar con vitaminas y minerales. Cuando se adiciona ractopamina en dietas pobres, la respuesta es limitada. Al comenzar el tratamiento los resultados son notables, en especial en las dos primeras semanas (Sumano et al., 2002).

En bovinos se recomienda suministrar 200 a 300 g de racmina premix al 10% (marca comercial) por tonelada de alimento con una premezcla de minerales.

Aunque las comparaciones entre estudios son difíciles de realizar debido a las diferencias en compuestos estudiados, dosis, duración y variables de respuestas, una recopilación de los datos disponibles sobre fenetalonaminas en los bovinos y ovinos presentan respuestas sustancialmente mejores que cerdos, y con las menores respuestas en pollos (Moody et al., 2000). Las menores respuestas en pollos pueden deberse a la intensiva selección para la tasa de crecimiento en pollos, los que da un menor potencial de mejora de la fenetalonaminas, o quizá debido a especie diferentes en receptores  $\beta$ -adrenérgicos que son las estructuras celulares sobre las cuales reaccionan las fenetalonaminas (Mersmann, 1998). Según Moody et al., (2000), la base de la diferencia en la respuesta entre fenetalonaminas podría deberse a la especificidad de un compuesto en particular para los receptores adrenérgicos ( $\beta$ 1 vs  $\beta$ 2 selectivamente), por ejemplo, el  $\beta$ 2-selectiva fenetalonaminas son particularmente efectivos en ovinos y caprinos, pero menos en cerdos. La  $\beta$ 1 selectiva fenetalonaminas es menos efectiva en rumiantes, pero su administración en cerdos ha dado consistentes incrementos tanto en la ganancia de peso como en las características magras de la canal.

### **2.19.3 Efectos adversos**

No se han documentado efectos tóxicos de la ractopamina en bovinos sobre dosificados, y por supuesto menos aún en el ser humano, ya que estos productos son de uso veterinario exclusivo y a la fecha no se han informado efectos tóxicos por la ingesta de productos cárnicos derivados del uso de estos agentes (Sumano y Ocampo, 2006).

#### **2.19.4 Tiempo de retiro**

Para el caso de ractopamina, la ADI (Ingesta diaria admisible) por vía intravenosa es 230 veces mayor que la del clenbuterol, calculado este último a partir de su administración por vía oral y considerando una biodisponibilidad de 100%. En el caso de la ractopamina, con un tiempo de retiro denominado “cero” (que en realidad es de 12 h), se ha informado que los residuos en hígado son 0.013 ppm. Sin embargo, durante la medicación con ractopamina se encuentran en la orina concentraciones de 44473 ng/ml y se les sigue detectando hasta dos semanas después de haber finalizado la medicación. A pesar de esto último la FDA (Administración de alimentos y medicamentos de los Estados Unidos) le ha concedido un tiempo de retiro de cero días (Sumano et al., 2002).

#### **2.19 Clorhidrato de zilpaterol (CZ)**

Este agonista es un producto altamente higroscópico en su forma pura como consecuencia se debe mantener bajo condiciones herméticas de ausencia de luz y a temperaturas por debajo de los 30 ° C; su peso molecular es de 297.8 y su fórmula molecular es C<sub>14</sub>H<sub>19</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>HCL. Su apariencia es blanco-amarillenta, altamente soluble en agua, pero no en cloroformo, etanol, acetona o tolueno, y prácticamente insoluble en otros solventes orgánicos.

El CZ presenta una rápida eliminación gracias a la ausencia del cloro en el grupo cíclico, lo que facilita su biotransformación y excreción (Baker et al., 1983) afirma que la vida media del CZ es de 15.3 h con una eliminación de los residuos del 90%, por lo que se alcanza un 95% de eliminación de los residuos alrededor del segundo día de retiro. Por esto, el tiempo de retiro señalado es de 48 a 72 h, según el país donde se utilice.

El CZ es el ingrediente activo del producto comercial Zilmax<sup>®</sup> (Intervet/Schering-Plough Animal Health, Mexico D.F., Mexico), permitió para su uso en la alimentación

animal. Se adiciona en dietas de finalización y se consume via oral por los animales. En México está aprobado oficialmente por la norma NOM-015-ZOO-2002. En Estados Unidos fue aprobada bajo la norma NADA 141-258 por la FDA desde 2006. Sin embargo, la comunidad Europea no ha aprobado dentro de sus países afiliados, su uso en la alimentación animal (Council of the European Communitities, 1986).

### 2.19.1 Uso de clorhidrato de zilpaterol en ovinos en finalización.

Un estudio realizado por Instituto de investigaciones Forestales (INIFAP, 2002), nos muestra que las dietas con alta concentración de grano en las etapas de crecimiento y engorda de ovinos Pelibuey se obtienen mejores ganancias de peso y rendimientos en canal en comparación de los sistemas tradicionales de alimentación, como forraje y concentrado, aprovechando la conversión alimenticia de su etapa temprana de crecimiento. Considerando que el beneficio económico de dicha práctica será mayor si el precio del grano disminuye en el mercado.

Dikerman (2007), encontró que las hembras suplementadas con clorhidrato de zilpaterol (CZ) habían mejorado los porcentajes de los cuartos traseros, piernas y costillas, lo que se debe a un aumento de la masa muscular a través de la hipertrofia y a una reducida degradación de la proteína muscular.

Estrada-Angulo et al., (2008). Realizaron un estudio para medir el efecto de cuatro niveles de CZ (0, 0.15, 0.20 y 0.25 mg/kg PV/día) en la respuesta productiva y características de la canal de ovinos Pelibuey x Katahdin en finalización intensiva, encontraron que el suministro de zilpaterol no afecto el peso vivo final la eficiencia fue mayor en los ovinos tratados con CZ (0.256 vs 222), además se mejoraron las características de la canal (RC%, GRP% Musculo%) ( $P < 0.05$ ).

Otro trabajo realizado por Robles-Estrada, et al., (2009). Donde utilizaron dos tipos de  $\beta$ -adrenérgicos, clorhidrato de ractopamina a 20 ppm y 6 ppm de clorhidrato de zilpaterol adicionados a la dieta concentrada de 60 ovinos machos Pelibuey x Katahdin ( $34,4 \pm 2,94$  kg) para evaluar la respuesta productiva y el rendimiento en canal, con una duración de 32 días, dando como resultados que no se encontró diferencia en consumo de materia seca, no se vio afectada en las dietas adicionadas con los tratamientos comparadas con el control, a diferencia de la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia donde esta mejoro con la dieta adicionada con ractopamina, pero se obtuvo una mejor respuesta en la ganancia diaria promedio y el peso vivo final con los animales tratados con zilpaterol, reduciendo la grasa corporal y así determinaron que obtiene una mejor respuesta productiva adicionando a la dieta clorhidrato de zilpaterol en ovinos de finalización.

Cuadro 5.Efecto de dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos en el rendimiento productivo en ovinas alimentadas con dietas concentradas.

<b>VARIABLE</b>	<b><math>\beta</math>-AA</b>			
	Control	RAC	ZIL	EEM
<b>PVI</b>	34.488	34.368	34.5	0.25
<b>PVF</b>	41.177	42.166	43.179	0.37
<b>GDP/GR</b>	218	2.52	2.75	19
<b>CM% PV</b>	2.77	2.88	2.82	0.05
<b>EA</b>	0.209	0.229	0.252	0.01
<b>CMS</b>				
<b>/CMS E</b>	0.99	0.99	0.832	1.02

Extraído de Robles-Estrada, et al., (2009).

Macias-Cruz et al., (2010), Evaluaron el efecto de la suplementación con CZ (0.38 mg/kg) en el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos de pelo, en engorda intensiva en condiciones de estrés por calor (ITH  $\geq 22$  unidades).

Se mostraron efectos significativos para PCC, kg, RC % y AOC cm<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ ). No se encontró diferencia significativa en GDP, CMS, CA Y GRP.

Avendaño-Reyes et al., (2011), Determinaron el efecto de la adición de CZ (0.34 mg/kg/pv) a la dieta por 32 días en el comportamiento productivo y características de la canal con 24 ovinos Dorper x Pelibuey y encontraron que se mejoró 6.6% el PVF, 25.6% la GDP y 24% la EA, sin modificar el consumo de alimento. En las características de la canal se mejoró el PCC 15%, el área del musculo Longissimus dorsi en 34.4%, sin afectar el EGD y el %GRP.

### III. JUSTIFICACION

La producción de carne de ovinos hoy en día se requiere en mayores cantidades ya que la población ha aumentado considerablemente, pero no solo en altas cantidades de carne, si no también que la engorda de los ovinos sea más rápida y con buena calidad de la carne,

Los efectos de los beta-adrenérgicos pueden ayudar a mejorar algunos parámetros productivos y otros aspectos de la carne por ejemplo que sea má magra, sin embargo algunos productores de carne de ovinos no están informados debido al desconocimiento, falta de investigación y estudio potencial que poseen estos beta-adrenérgicos, aunque también requiere de un costo mayor, los resultado serán aún más rápido por ejemplo la ganancia diaria de peso, esto beneficia a los productores que tengan corderos para finalización y ayudara a mejorar tanto las ganancias de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, ganancia de peso total y con un menor consumo de materia seca.

Esta situación obliga a productores, investigadores, académicos a realizar de manera conjunta esfuerzos, para realizar proyectos y trabajos que se fundamenten en la investigación científica, con la finalidad de encontrar soluciones y alternativas que se permitan incrementar de manera significativa la producción ovina del país, ante la creciente demanda de este producto.

Este proyecto tiene enorme relevancia en la zona ganadera de la región, debido a que actualmente, se han incrementado la demanda de carne de ovinos de manera exorbitante para el consumo humano, recordemos que el Estado de México es el estado con mayor producción ovina en México. Sin embargo, se pretende que esta investigación, permita encontrar mejoras en la respuesta productiva del ganado ovino y poder ofrecer a productores mejores alternativas de alimentación para lograr mejores recursos para productores y familias.

#### IV. HIPOTESIS

El uso de tipos de beta-adrenérgicos tales como clorhidrato de ractopamina y clorhidrato de zilpaterol influye en el comportamiento productivo de ovinos finalizados en corral.

## V. OBJETIVO

### 1.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva de ovinos de pelo en finalización utilizando tipos de beta-adrenérgicos en la dieta.

### 1.2 Objetivo específico.

- Obtener y evaluar las ganancias de peso diarias de cada animal
- Evaluar el consumo diario de alimento de cada tratamiento
- Obtener conversión alimenticia de cada animal
- Obtener la eficiencia alimenticia de cada animal

## VI. MATERIALES Y METODOS

Durante todo el periodo experimental, los animales fueron cuidados, manejados y sacrificados de acuerdo con los lineamientos de la norma: NOM-051-ZOO-1995, cuidado humanitario de los animales durante la movilización y NOM-033-ZOO-1995: sacrificio de los animales domésticos y de vida silvestre.

### 6.1 Localización de la zona de estudio

El experimento se desarrolló en la Unidad Metabólica de Nutrición Animal del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, de la Universidad Autónoma del Estado de México, en Temascaltepec, la cual se ubica al sur poniente del Estado de México, México. La región presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación promedio de 1160 mm anuales y temperatura media anual de 22 ° C. (Figura 16)



Figura 16. Localización geográfica de la zona de estudios.

El municipio de Temascaltepec se localiza entre las coordenadas geográficas 100°02' longitud oeste y 19°03' de latitud norte. Se tienen identificadas dos zonas climáticas: la templada subhúmeda, al norte y al oeste y la semiárida húmeda al sur y al oeste, predominando el subhúmedo. La temperatura media anual oscila entre los 18° y 22° centígrados. La precipitación pluvial anual va de los 800 a los 1,600 mililitros. Se encuentra a una altura de 1,740 metros sobre el nivel medio del mar (Borboa 1987).

## 6.2 Acondicionamiento de las instalaciones.

Se utilizó el área metabólica de pequeños rumiantes la cual mide 12 metros de largo, por 7 de ancho, las camas de metal para cada ovino son de 0.8 metros de ancho, 1.2 metros de largo y 1.5 metros de alto, cada lote incluía bebedero y comedero, cinco días antes de la llegada de los ovinos se realizó la desinfección del interior y exterior del área con creolina, 200 mililitros en 1 litro de agua (Figura 17)



Figura 17. Colocación de camas metálicas para los ovinos

## 6.2 Animales

Se utilizaron 21 corderos de pelo de distinto tipo racial, con una media de peso vivo de  $35.85 \pm 3.3$  kg y con una edad aproximada de 5 meses. Los animales fueron alojados en corraletas individuales, provistas de sombra, comederos y bebederos

individuales; esto con la finalidad de que los animales, tengan el mayor confort posible y disminuir el error experimental asociado a la ejecución del experimento. (Figura 18) Los corderos fueron adaptados a las corraletas individuales y dieta basal quince días antes de iniciar el experimento, periodo en el cual fueron desparasitados con 0.75 ml de ivermectina, (SanFer®, México D.F.) y vitaminados con 2.0 ml de Vigantol ADE, (Bayer®, México D.F.) por animal (Figura 19). Al inicio del experimento, los corderos se pesaron individualmente, estratificados de acuerdo a su peso formando 7 bloques (bloqueo del efecto asociado al peso); de esta manera se asignaron los 3 tratamientos al azar dentro de cada bloque con 7 repeticiones por tratamiento.



Figura 18. Corraletas, bebederos y comederos individuales que usaron los ovinos durante el periodo experimental.



Figura 19. Vacunación y desparasitación de los ovinos a su llegada.

### **6.3 Alimentación**

Los ingredientes y la composición química de la dieta se muestran en el cuadro 6, la dieta fue ofrecida en tres frecuencias de alimentación (7, 13 y 18 h), el porcentaje de alimento ofrecido en cada frecuencia fue de 30%, 30% y 40% respectivamente, con la finalidad de tener fermentación homogénea a través del día y así evitar trastornos metabólicos y variaciones fuertes en el consumo de alimento.

Cuadro 6. \*INC: Inclusión, Tratamiento: T1 (Control): dieta basal, T2: Control + 10 mg CZ/animal/día y T3: Control + 10 mg ractopamina/animal/día. T1: Costo de la dieta basal por kg = 8.86, T2: Costo de la dieta basal + Clorhidrato de zilpaterol (10 mg/animal/día): 9.08 y T3: Costo de la dieta basal + clorhidrato de ractopamina (1° mg/animal/día): 9.16.

<i>Ingrediente</i>	<i>\$/kg</i>	<i>%MS</i>	<i>%PC</i>	<i>%INC*</i>	<i>Aporte PC</i>	<i>Costo</i>
<i>Heno alfalfa picada</i>	6.0	90	20	10.50	2.10	0.63
<i>Rastrojo de maíz picado</i>	5.0	90	6	15	0.90	0.75
<i>Sorgo molido</i>	8.5	90	10	30	3	2.55
<i>Maíz hojuelado</i>	9.0	90	9	20	1.80	1.80
<i>Harina de Soya</i>	15.5	90	44	6	2.64	0.93
<i>Salvado de trigo</i>	7.0	90	12	6	0.72	0.42
<i>Urea</i>	22.0	75	291	1.50	4.36	0.33
<i>Melaza</i>	10.0	100	6	8	0.48	0.80
<i>Premezcla de vitaminas</i>	25.0	100	0	2	0	0.5
<i>Bicarbonato</i>	15.0	100	0	1	0	0.15
<i>Grofactor (CZ)</i>						
<i>Racmina premix (Racto)</i>						
<i>Total</i>				100	16.05	8.86

## **6.4 Especificaciones técnicas de los productos comerciales utilizados en la investigación.**

### **6.4.1 Racmina Premix® 10%**

Nº de registro: Q-7833-170

Premezcla promotora de crecimiento

Descripción: RACMINA PREMIX® 10%. Es un promotor de crecimiento elaborado con clorhidrato de ractopamina perteneciente al grupo de los  $\beta$ -agonistas, que promueve la síntesis y depósito de proteína en las fibras musculares, incrementando la ganancia diaria de peso y mejorando la eficiencia y conversión alimenticia del ganado bovino para carne en la etapa de finalización.

Formula: Cada 100g contienen: Clorhidrato de ractopamina 10.0g excipiente especial 100.0g (Figura 17)

Características físico-químicas: El nombre químico de la ractopamina es 4- [1-hydroxy-2- [4-hidroxyphenyl) butan-2-ylamino]ethyl]phenol. La ractopamina es estructuralmente similar a las catecolaminas (epinefrina y norepinefrina) y tienen una alta afinidad hacia los receptores  $\beta$ -adrenérgicos de la membrana celular en los tejidos adiposo y muscular.

Mecanismo de acción: El clorhidrato de ractopamina es una molécula orgánica que se une a los receptores  $\beta$ - adrenérgicos de la membrana celular., dando lugar al complejo agonista receptor, el cual activa la proteína Gs1. La sub unidad  $\alpha$  de la proteína Gs activa al adenilato ciclasa que es una enzima que produce el monofosfato de adenosina cíclico (AMPC) que es una de las principales moléculas de señalización intracelular.

Esta molécula produce sus efectos al unirse a la subunidad reguladora de la cinasa proteínica A, para liberar la subunidad catalítica que fosforila a un gran número de proteínas intracelulares. Estas proteínas tienen el papel de medir la síntesis de proteínas clave para el funcionamiento celular. Los animales alimentados con agonistas  $\beta$ -adrenérgicos depositan, en sus tejidos, menos grasa y mayor proteína que los que no son alimentados con estos agentes. Esta reducción en grasa es congruente con la acción bien documentada de la estimulación de los índices de lipólisis y la atenuación de la lipogénesis. Se ha demostrado que el músculo esquelético, en el ganado bovino, tienen numerosos y abundantes receptores  $\beta$ -adrenérgicos también son capaces de incrementar la síntesis y disminuir la degradación de proteínas. El efecto neto de estos cambios, es un incremento notable de la proteína en el tejido muscular esquelético, acompañado de hipertrofia.

Farmacocinética: La ractopamina administrada vía oral se absorbe rápidamente alcanzando concentraciones plasmáticas efectivas en 1-3 horas. Se metaboliza en el hígado y se elimina principalmente por orina y heces.

Indicaciones: Racmina premix® 10%, se indica para incrementar la ganancia de peso, mejorar la eficiencia y conversión alimenticia en ganado de engorda durante los últimos 28 a 42 días del periodo de finalización. De acuerdo con las características de la canal que se desea obtener es importante tomar en cuenta el tipo de implantes que se aplicará al ganado, dieta, edad, peso, raza, sexo y condición corporal ya que influirá en las características de la canal.

Recomendaciones de uso: Suplementar Racmina premix® 10%, se recomienda usar durante los últimos 28-42 días previos al sacrificio. La respuesta de alimentación con Racmina premix® disminuye cuando se administra más allá de los 42 días. A medida que el ganado bovino llega a la madurez sexual, la composición empieza a modificarse, ya que se observa la disminución paulatina del crecimiento muscular y el notable aumento en el depósito de grasa. Se ha establecido que la

energía requerida para producir un kilogramo de tejido muscular. Racmina premix® 10%, ayuda a utilizar en forma eficiente la energía acortando la fase de finalización del ganado, ya que bajo la influencia de este agonista beta-adrenérgico, la mayor parte de los nutrientes están encaminados hacia el desarrollo muscular sin impactar el grado de constitución de la grasa acumulada. Racmina premix® 10% extiende el periodo de producción de carne más eficiente, lo cual da por resultado una mayor ganancia de peso corporal, ganancia de peso de la canal y producción de carne.

Beneficios del producto: Los efectos de Racmina premix® 10%, y sus propiedades biológicas lo hace diferente de otros  $\beta$ agonistas; los cuales se ven influenciados por el tipo de alimentación, edad de los bovinos, peso, raza, sexo, condición corporal, uso de implantes y/o promotores de crecimiento.

En el uso de racmina premix® se observan los siguientes resultados:

Mejora el aumento de peso vivo entre 4.5 kg y 9.45 kg adicionales. Aumenta el peso en canal entre 2.7 kg y 8.71 kg de más. Mejora la eficiencia alimenticia en un 18 a 21%. Incrementa el área del ojo de la chuleta en más de 6%. El efecto sobre el marmoleo de la carne no es tan pronunciado como otros agonistas beta-adrenérgicos.

Dosis y vía de administración del producto: En forma práctica, la dosis de los animales se determina después de hacer el cálculo del peso inicial y del consumo de alimento diario por animal, se procederá a adicionar la cantidad necesaria de Racmina premix® 10%, a la premezcla alimenticia (minerales, vitaminas, etc.), para posteriormente incluir la cantidad adecuada de dicha premezcla al alimento final. O bien, en caso de no utilizar premezcla, se recomienda de la siguiente manera: Para asegurar una distribución homogénea de Racmina premix, se recomienda preparar una premezcla intermedia, mezclando 10 kg de racmina premix 10% con 90 kg de grano molido.

La dosis de Racmina premix 10%, en ganado bovino es de 70 a 430 mg/cabeza/día de principio activo; la amplitud en la dosis recomendada va a depender del tipo de

beneficio y la calidad de la carne que se quiera obtener con el producto, del peso y edad de los animales. La dosis media más utilizada es de 200 a 300 mg/cabeza/día.

Efectos adversos: Utilizando el producto siguiendo las indicaciones, protocolos y dosis, muy raramente se presentan efectos adversos. Algunos de los efectos adversos reportados incluyen estados de coincidencia más alertas y activos y mayores dificultades de manejo.

Toxicidad: No se ha documentado efectos tóxicos de la ractopamina, ya que es de uso veterinario exclusivo y a la fecha no se ha sospechado de un efecto tóxico por la ingesta de productos cárnicos derivados del uso de este agente.

Periodo de retiro: En estudios realizados en el Departamento de Farmacia de la Facultad de Química de la UNAM se encontró que los niveles encontrados de ractopamina en diversos tejidos provenientes de bovinos suplementados con establecidos en los Límites Máximos Permisibles (MRLs por sus siglas en inglés) según el JECFA que es el organismo del Codex Alimentarius, por lo tanto, el tiempo de retiro es de 0 días.

Advertencias: El principio activo de Racmina premix® 10% Clorhidrato de Ractopamina, es un agonista  $\beta$ adrenérgico. Los individuos con enfermedades cardiovasculares deben tener precaución para evitar la exposición del producto. Al mezclar y manejar Racmina premix® 10% use ropa protectora, guantes impermeables no porosos, dispositivos de protección para los ojos y una mascarilla para polvo. Los operadores deben lavarse totalmente con agua y jabón después del manejo del producto. Si ocurre contacto ocular accidental, lavarse inmediatamente los ojos con agua. Si persiste el malestar, buscar ayuda médica. El Clorhidrato de Ractopamina está aprobado para su uso en el ganado bovino. No debe utilizarse en humanos. (Figura 20)



Figura 20. Presentación 10 Kg Racmina premix 10%

#### 6.4.2 Grofactor

Promotor de crecimiento y rendimiento, Agonista Beta-Adrenérgico. Reg SAGARPA Q-0042-401

Desde el punto de vista práctico, que beneficios tiene el producto para la engorda de bovinos en corral. Se indica en ganado bovino en etapa de finalización en corral de engorda, para mejorar la eficiencia de la conversión alimenticia, la ganancia de peso, el rendimiento de la canal y reducir la acumulación de grasa de cobertura.

Recomendado para: Bovinos

Formula: Por cada 100 g de producto comercial se tienen 48 g del ingrediente activo (Clorhidrato de zilpaterol), es decir la presentación tiene una concentración de 4.8%.

Dosis y modo de uso: Administrar continuamente, por 30 días, en la fase final de la engorda: 125 g de Grofactor® por tonelada de alimento (a 90% de materia seca); lo que equivale a una dosis de 0.15 mg/ kg en animales de 400 kg que consuman 10 kg de alimento diario. Para el cálculo más preciso de la cantidad de Grofactor a incluir en la dieta, se puede considerar el uso de la siguiente fórmula.

$3.125 \text{ (Constante)} * \text{promedio de peso corporal (kg)}$

$\text{Promedio de consumo de alimento (kg)}$

$= \text{Gramos de Grofactor® por tonelada de alimento}$

Vía de administración: Oral, mezclado en el alimento.

Advertencias: Evitar su ingesta, inhalación y el contacto con la piel y ojos. La sustancia activa de Grofactor® es el clorhidrato de zilpaterol, un potente agonista beta-adrenérgico. En caso de contacto accidental con los ojos, lave abundantemente con agua. En caso severo de ingestión o inhalación, consulte a su médico y muéstrelle la fórmula del producto; en esos casos, puede ser útil un agonista beta-adrenérgico, como el propranolol, bajo supervisión médica.

Grofactor tiene un excipiente anti-polvo, para reducir el riesgo de intoxicación por inhalación; sin embargo, durante su manejo, se recomienda utilizar equipo de protección (ropa exclusiva, guantes, mascarilla con filtro y gafas).

La presencia de micro trazadores en Grofactor, permite trazar el producto en los núcleos y alimentos, lo que facilita al usuario su manejo en el corral de engorda.

Para un almacenamiento prolongado, hasta su caducidad, mantenga en un lugar fresco y seco, perfectamente cerrado a una temperatura máxima de 30 °C. En condiciones climáticas extremas (50°C y 90% de humedad), Grofactor® pertenece estable al menos por 3 meses. Manténgase fuera del alcance de los niños y animales domésticos, así como de personas no entrenadas para su manejo.

Periodo de retiro: El tratamiento debe suspenderse, por lo menos, 72 horas (3 días) antes del sacrificio animal para consumo humano.

Antes de iniciar el periodo de experimentación los animales fueron adaptados a la dieta por un periodo de 15 días ofreciendo el 3% de su peso vivo; al iniciar la prueba experimental y para que los animales alcanzaran consumo voluntario, la cantidad de alimento ofrecido fue el resultado del consumo del día anterior más un 15%. Los animales recibieron los tratamientos experimentales por 30 días y 3 días de retiro siguiendo las recomendaciones del fabricante. (Figura 21).



Figura 21. Presentación de Grofactor ®

#### 6.4.3 Materiales biológicos

- Vacunas BOVAC
- Desparasitante (Closantil al 5%)
- Vitaminas (AQUA-VIT ADE)
- Bacterina

#### 6.4.4 Materiales de campo

- Comederos
- Bebederos
- Bascula digital
- Libreta de campo
- Overol
- Botas
- Escobas
- Cubetas
- Tambos de 200 litros

#### 6.4.4 Corrales

Se utilizaron 21 corrales individuales de 1.5 m<sup>2</sup> cada uno, los cuales se encuentran en el área experimental de pequeños rumiantes

### 6.5 Metodología

#### 6.5,1 Tratamientos

Para la presente investigación se utilizaron tres tratamientos:

1. Tratamiento 1. Dieta basal o testigo
2. Tratamiento 2. Dieta basal más 10.0 mg de clorhidrato de zilpaterol (CZ)/kg MS: GROFACTOR® (Virbac).
3. Tratamiento 3. Dieta basal más 10.0 mg de clorhidrato de ractopamina (CZ)/kg MS: RACMINA PREMIX® (Pisa).

### 6.5.2 Variables de estudio

- Ganancia diaria de peso (GDP)
- Ganancia total de peso (GTP)
- Eficiencia alimenticia (EA)
- Conversión alimenticia (CA)

### 6.5.3 Medición de variables

#### 1. Ganancia diaria de peso

Todos los ovinos se pesaron al principio del tratamiento y al final del tratamiento durante un periodo de 45 días. Se utilizó una báscula de plataforma. La GDP se estimó mediante el peso final menos el peso inicial, mediante la siguiente fórmula:

$$GDP = \frac{GTP}{DE}$$

Donde

GDP: Ganancia diaria de peso.

GTP: Ganancia total de peso

DE: Días de engorda (45 días: Tiempo de duración del experimento)

#### 2. Ganancia total de peso (kg/ animal) (GTP).

Fisiológicamente se tiene el conocimiento que el aumento de peso es consecuencia de la acumulación de proteína, grasa y agua. Ya que la masa proteica de un animal aumenta en la misma proporción al peso vivo del animal, aunque su alimentación pueda variar.

Cálculo de ganancia total de peso se estimó mediante la siguiente fórmula.

$$GTP = PVF - PVI$$

Donde

GTP: Ganancia total de peso.

PVF: Peso vivo final.

PVI: Peso vivo inicial.

### 3. Eficiencia alimenticia (EA)

La eficiencia alimenticia fue indicador simple el cual determino la habilidad relativa con que cuenta un ovino, para poder convertir los nutrientes que consume en carne. En términos generales, se puede definir como los kilogramos de carne producida por kilogramo de alimento consumido.

La eficiencia alimenticia describe como la relación entre el producto obtenido y alimento consumido total, es determinada principalmente por el nivel de consumo del animal.

Se determino con la siguiente fórmula.

$$E.A = \frac{PVF}{CTA} \times 100$$

Donde.

E.A: Eficiencia alimenticia.

CTA: Consumo total de alimento

PVF: Peso vivo final

### 4. Cálculo de conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia, jugo un papel muy importante, considerando que tiene relación entre la cantidad de alimento que consumió el animal y la ganancia de peso durante el lapso de tiempo. Se utilizo la siguiente formula:

$$C.A = \frac{CTA}{PVF}$$

Donde

CA: Conversión alimenticia

CTA= Consumo total de alimento

PVF= Peso vivo final

#### 6.5.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental por bloques completamente al azar, donde cada cordero fue considerado como unidad experimental. Cada tratamiento se asignó al azar a los animales dentro de cada bloque (7 repeticiones por tratamiento), formando tres bloques completos; es decir todos los tratamientos estuvieron representados en cada bloque (Steel y Torrie, 1980).

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j(T_i) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta características de la canal

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j(T_i)$  = Efecto de i-ésimo tratamiento anidado dentro del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental ( $N(0, \sigma^2)$ )

Análisis estadístico

La información se sometió a un análisis de Varianza bajo un diseño de bloques completos al azar usando el procedimiento PROC GLM del programa SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 1991). Los promedios de cada tratamiento se separaron mediante mínimos cuadrados. Los efectos se consideraron significativos cuando  $P \leq 0.05$ .

## VII. RESULTADOS

### 7.1 Consumo de materia seca

El consumo de materia seca fue diferente entre tratamientos ( $P=0.003$ ). Los ovinos que recibieron el Clorhidrato de zilpaterol en su dieta presentaron menor ingestión de sustancia seca, respecto al grupo control y racmina (figura 22).

Cuadro 7. Resultado del Análisis de Varianza en el consumo de materia seca, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	0.193	0.096	4.17	0.033 *
Error	18	0.417	0.023		
Total	21	46.622			

\* = significativo ( $P<0.05$ ),

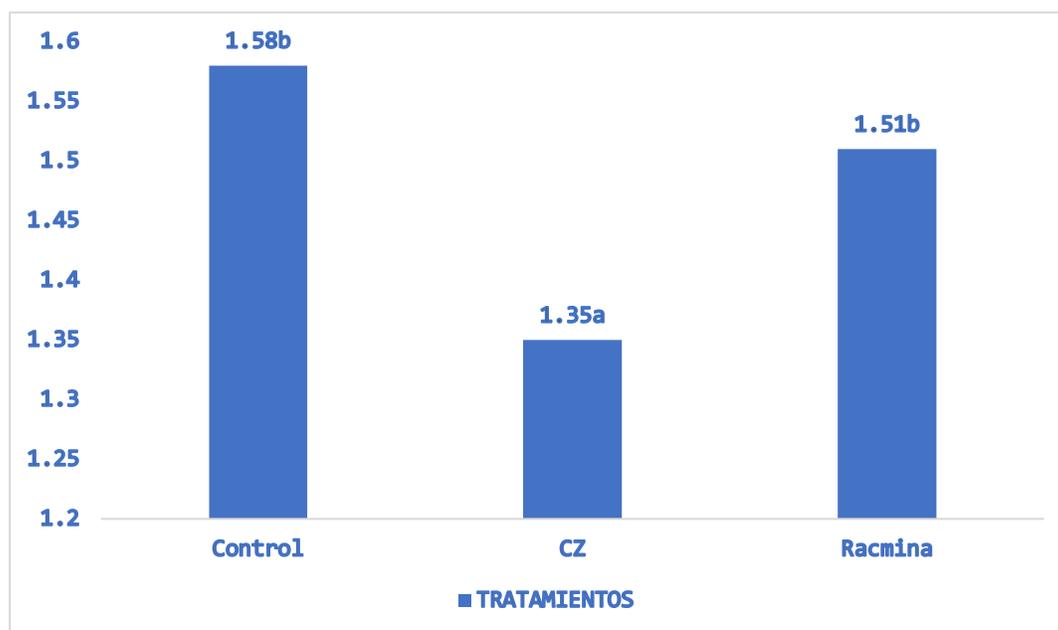


Figura 22. Consumo de materia seca en ovinos recibiendo dos tipos de beta-adrenérgicos (CZ: Clorhidrato de zilpaterol, Racmina: Clorhidrato de ractopamina) en su dieta.

## 7.2 Ganancia diaria de peso (GDP)

La ganancia diaria de peso fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el grupo de ovinos que recibió el clorhidrato de zilpaterol en su dieta, los otros dos grupos tuvieron comportamiento similar.

Cuadro 8. Resultados del Análisis de Varianza en la Ganancia de peso diario, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	0.033	0.017	15.30	.000**
Error	18	0.020	0.001		
Total	21	1.873			

\*\* = Significativo ( $P < 0.01$ )

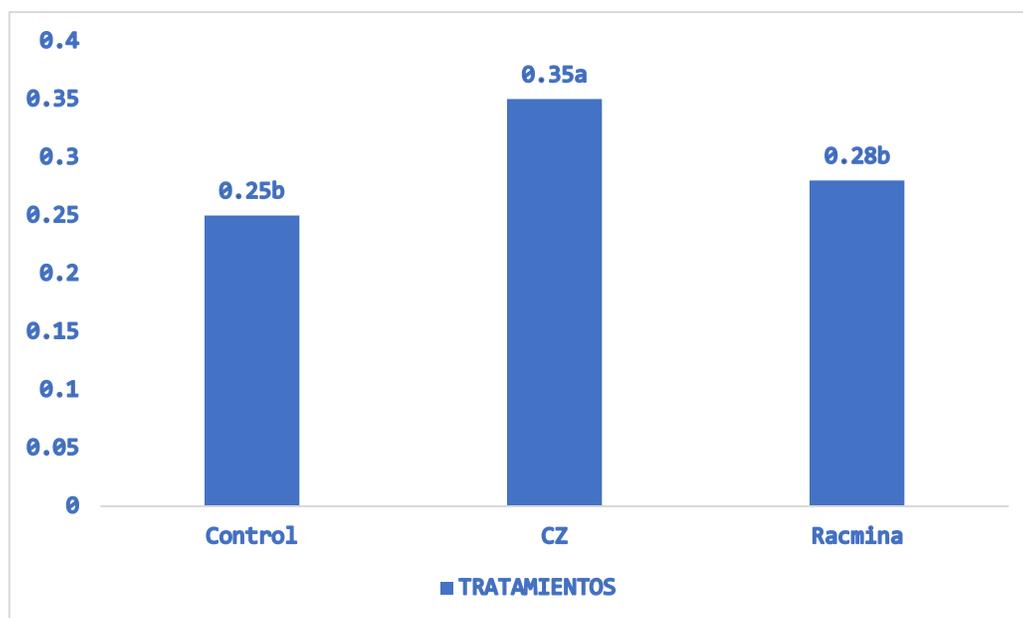


Figura 23. Gráfica de las medias marginales estimadas de ganancia de peso diario.

### 7.3 Ganancia de peso total (GTP)

Los ovinos que recibieron el clorhidrato de zilpaterol superaron con 3.3 kg más en la ganancia de peso total ( $P < 0.05$ ) en comparación con los otros dos grupos (control y racmina), lo que representa un 23% más alto cuando se usa el clorhidrato de zilpaterol.

Cuadro 9. Resultados del Análisis de Varianza en la ganancia de peso total, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	55.947	27.973	15.084	.000 **
Error	18	33.381	1.855		
Total	21	3148.277			

\*\* = Significativo ( $P < 0.01$ )

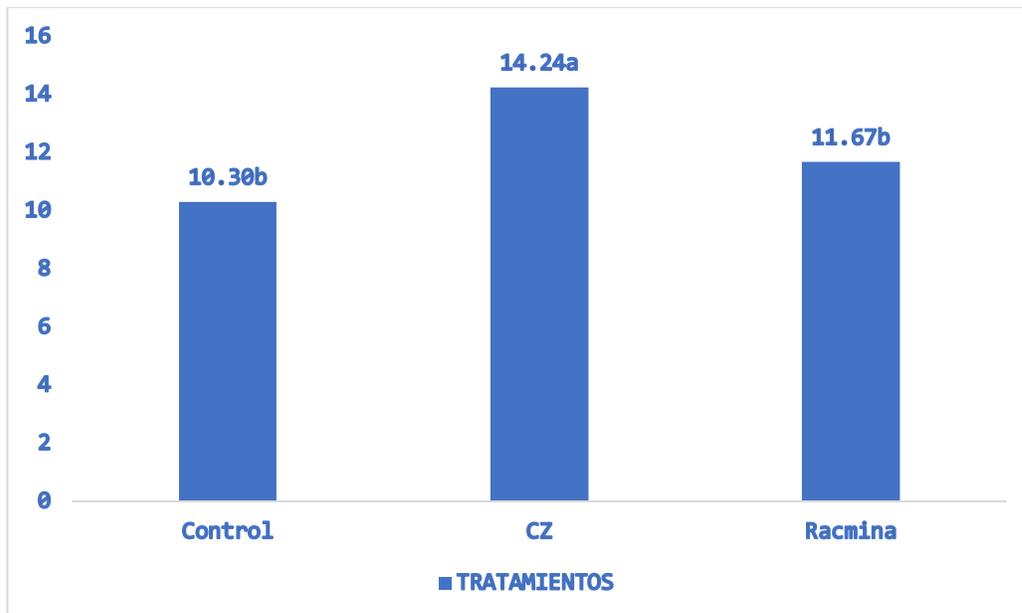


Figura 24. Grafica de las medias marginales estimadas en la ganancia total de peso.

## 7.4 Conversion alimenticia (CA)

Los ovinos que recibieron el clorhidrato de zilpaterol tuvieron la conversión alimenticia más baja ( $P < 0.05$ ) que el testigo y racmina. Esto quiere decir que cuando los animales reciben en los últimos 35 días de engorda el clorhidrato de zilpaterol necesitan menos alimento para ganar un kilogramo de peso.

Cuadro 10. Resultados del Análisis de Varianza en la Conversión alimenticia, para el efecto de la aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	23.543	11.771	8.610	.002 *
Error	18	24.598	1.367		
Total	21	1.873			

\* = Significativo ( $P < 0.05$ )

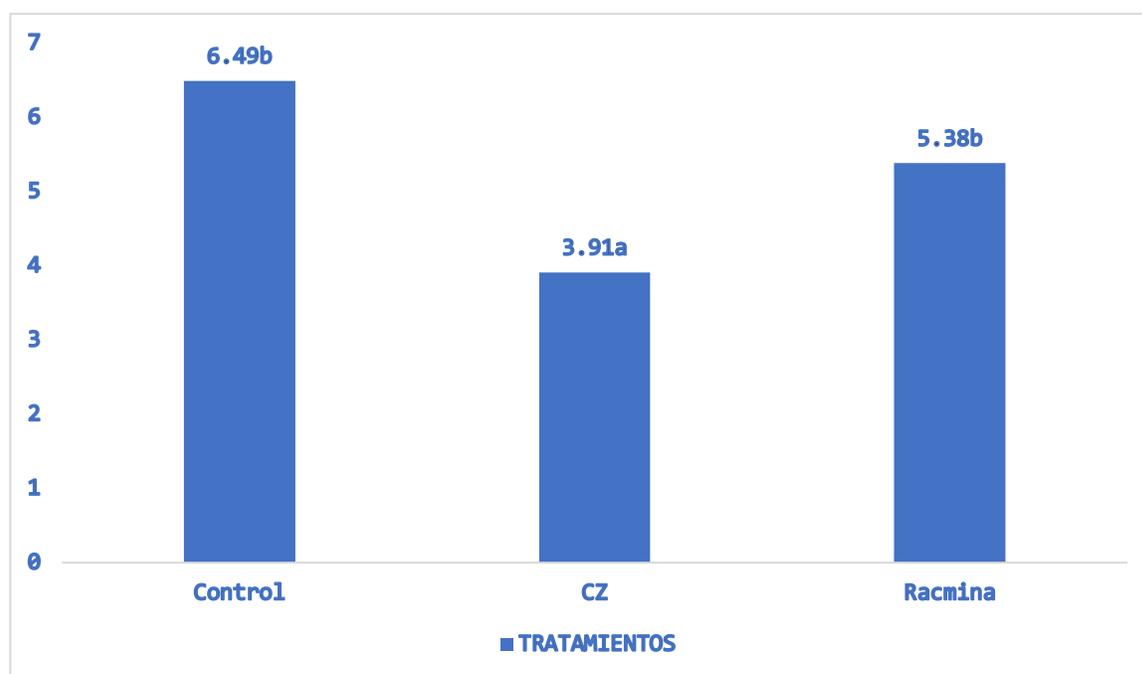


Figura 25. Graficas de medias y comparación multiple de tukey de conversión alimenticia.

## 7.5 Eficiencia alimenticia (EA)

La eficiencia alimenticia se describe como la cantidad de peso (kg o g) que gana un animal por cada kg de alimento consumido. En este sentido cuando los ovinos se suplementan con el beta adrenérgico agonista, clorhidrato de zilpaterol los ovinos ganan más ( $P < 0.05$ ) de 100 g de peso por cada kg de alimento consumido en comparación con el grupo testigo y los que recibieron racmina.

Cuadro 11. Resultados del Análisis de Varianza en la Eficiencia alimenticia, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	0.034	0.017	17.000	.000 **
Error	18	0.018	0.001		
Total	21	0.923			

\*\* = Significativo ( $P < 0.01$ )

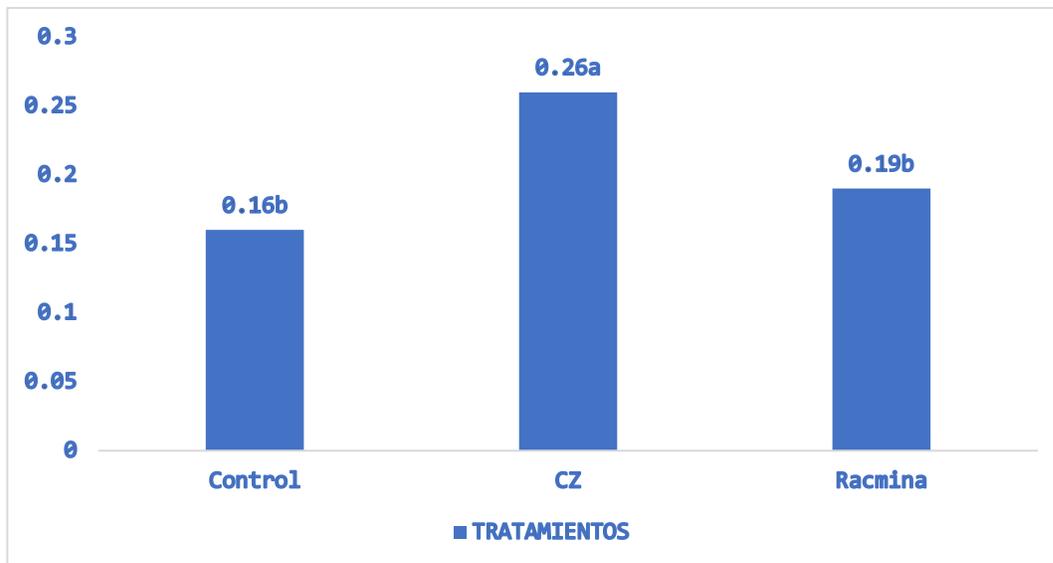


Figura 26. Grafica de los tratamientos de medias marginales estimadas en eficiencia alimenticia.

## 7.6 Peso vivo final (PVF)

Para el PVF no existieron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Sin embargo, a pesar de que estadísticamente no se demostraron efectos diferentes, el grupo de ovinos que se suplementaron con el clorhidrato de zilpaterol, presentaron un peso vivo final de 4 kilos más, respecto al control y racmina, quizás en estudios posteriores es importante considerar el número de repeticiones por tratamiento para hacer más sencibles las pruebas estadísticas.

Cuadro 12. Resultados del Análisis de Varianza en el peso vivo final, para el efecto de aplicación de clorhidrato de zilpaterol y clorhidrato de ractopamina en ovinos finalizados.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Significancia
Tratamientos	2	67.891	33.95	1.487	0.253 n.s.
Error	18	410.925	22.929		
Total	21	39417.113			

n.s. = no significativo ( $P>0.05$ )

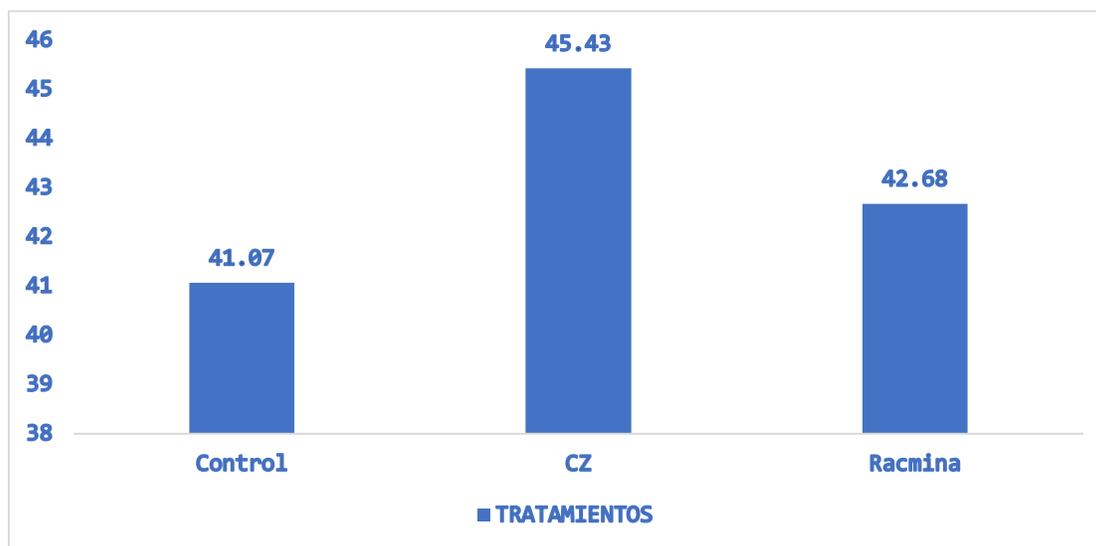


Figura 27. Grafica de medias marginales estimadas para peso vivo final.

## VIII. DISCUSIÓN

Si se considera que los Los  $\beta$ -AA son compuestos sintéticos parecidos en estructura y función a la de las catecolaminas, hormonas que se encuentran de manera natural en los mamíferos, las catecolaminas (dopamina, norepinefrina y epinefrina) son una de las principales hormonas reguladoras del metabolismo, encargadas de regular la velocidad y contracción del corazón, disminuyen la motilidad y secreciones de varias porciones del tracto gastrointestinal, causan bronco dilatación, disminuyen la secreción de insulina, ejercen un rol importante en concentración de glucosa y ácidos grasos libres en la sangre. Los  $\beta$ -AA actúan en los adrenoreceptores tipo  $\beta$ , del músculo, son capaces de formar un enlace con los receptores de las células desencadenando una acción determinada. En este caso los  $\beta$ -AA modifican el crecimiento aumentando la síntesis de músculo esquelético y disminuyendo la síntesis de tejido adiposo, en algunos casos mejoran la conversión alimenticia y la ganancia de peso diaria. Esta respuesta fisiológica es producida cuando los  $\beta$ -AA se enlazan a los receptores  $\beta$ -adrenérgicos ( $\beta$ -AR) (Mersmann, 1998), como sucedió en el presente experimento, donde el clorhidrato de zilpaterol mejoró la mayoría de los parámetros productivos de los ovinos, a excepción del peso vivo final donde el modelo experimental no alcanzó a detectar diferencia, pero a pesar de ello los animales terminaron con 4 kg de peso más respecto al grupo control y racmina. Los resultados en cuanto al uso del clorhidrato de zilpaterol (CZ) han sido muy controversiales, ya que algunos autores reportan mejorías en el rendimiento de los animales, mientras que otros no observan impactos positivos. Salinas et al. (2004), utilizando corderos Pelibuey alimentados con una dieta al 14 % de proteína cruda y 2.6 Mcal de energía metabolizable y dosis de zilpaterol de 0, 4.35 y 6 ppm reporta mejoras en el ( $P < 0.05$ ) consumo de alimento, ganancia de peso diaria y eficiencia alimenticia en los tratamientos respecto al testigo, y la dosis de 6 ppm aumenta el área del Longissimus dorsi ( $P < 0.05$ ) y sin significancia en la profundidad de grasa dorsal. Estrada et al. (2008), en un periodo de 32 días de experimentación con corderos Pelibuey x Katahdin con dosis de zilpaterol (Zilmax®) 0, 0.15, 0.20 y 0.25 mg/kg de peso vivo, obtuvo óptimos resultados con el tratamiento 0.20 mg/kg de peso vivo de zilpaterol ya que mejoró un 15.8 % ( $P < 0.03$ ) la eficiencia alimenticia,

en cuanto a características de la canal reporta un incremento del 2.3 % ( $P < 0.04$ ) en el rendimiento de la canal, además de que la ganancia de peso total ( $P < 0.05$ ), disminución de la grasa renal ( $P < 0.01$ ) y aumento en el rendimiento de la canal ( $P < 0.02$ ) muestran un efecto lineal y en tanto que la ganancia de peso por día muestra un efecto cuadrático ( $P < 0.04$ ) donde la dosis optima fue de 0.20 mg/kg de peso vivo. Por otra parte, Aguilera et al. (2008), al utilizar el CZ a razón de 6 mg/kg MS durante un periodo de 60 días reporta un efecto significativo sólo para la variable de ganancia de peso, pero únicamente en los primeros 30 días de experimentación, ya que en los 30 días posteriores no existen diferencias en ningún parámetro productivo. Este efecto lo atribuye a una desensibilización de los receptores betaadrenérgicos. En adición Ríos et al. (2010), reporta resultados positivos en los parámetros productivos al incluir zilpaterol en la dieta a dosis de 0.12 mg/día/animal y 0.18 mg/día/animal, en los últimos 30 días de finalización, donde los mejores resultados se obtuvieron a una dosis de 0.18 mg/día/animal al aumentar la ganancia de peso diaria en un 40%, y mejorar la eficiencia alimenticia en un 32% comparado con el grupo control, además de que mejoró el rendimiento de la canal en un 2.8%, otros autores también encuentran resultados positivos (Robles et al., 2009). Macías et al. (2013), al utilizar dosis de 0.10 mg/kg de peso vivo por día en corderas durante la primavera encuentra diferencias significativas en eficiencia alimenticia ( $P < 0.05$ ) y ganancia de peso total ( $P < 0.05$ ), de igual manera reporta diferencia en peso de la canal caliente ( $P < 0.01$ ), peso de la canal fría ( $P < 0.01$ ), área Longissimus dorsi ( $P < 0.01$ ) y rendimiento de la canal ( $P < 0.01$ ), no hubo diferencias en variables como grasa dorsal y porcentaje de grasa pélvico-renal. En contraparte Partida et al. (2015), no encontró diferencias en los parámetros productivos ni en las características de la canal en 32 corderos Katahdin x Charoláis y 28 Katahdin x Dorper. Uno de los efectos que provocan los  $\beta$ 2-AA es la hipertrofia del músculo, debido a un aumento en la síntesis de proteína muscular o a una disminución en la degradación de la proteína muscular o incluso una combinación de ambas, esto a causa de un aumento del ARNm y a una disminución de la actividad de las proteasas dependientes lisosomales. La respuesta al crecimiento muscular no sucede de la misma manera en todos los músculos, ya que los receptores se encuentran

distribuidos en diferentes proporciones, pero generalmente la respuesta es más notable en músculos donde predominan las fibras musculares tipo II, es decir en la parte posterior del animal (NRC, 1994 y Mersmann, 1998). El aumento de síntesis de proteína muscular es uno de los efectos que tienen los  $\beta$ 2-AA ya que ha demostrado que en la administración de estos compuestos ha descendido el nitrógeno ureico en el plasma en un 20%, estos datos sugieren que existe un aumento en la síntesis y deposición de proteínas y una disminución de la oxidación de aminoácidos, a pesar de que hay un aumento de la utilización de oxígeno en los músculos traseros, la concentración de glucosa permanece constante, por lo que la oxidación de los lípidos toma un papel importante como fuente de energía requerida para la síntesis y deposición de proteínas (NRC, 1994). De la misma manera Byrem et al. (1998), citado por Lortie (2002), en un sistema de perfusión cerrada con  $\beta$ 2-AA en los miembros posteriores de bovinos encuentra un aumento de la remoción de aminoácidos de la sangre hacia el músculo esquelético alcanzando un máximo a los 14 días y disminuyendo gradualmente a partir del día 21. Hablando específicamente de la disminución de la proteólisis los  $\beta$ 2-AA modifican el sistema de proteasa dependientes del calcio:  $\mu$ -calpaína y m-calpaína enzimas que degradan las proteínas, y aumentan el nivel de una tercera la calpastatina enzima que inhibe la acción de la calpaínas; también actúan sobre la proteasa lisosomal inhibiendo su acción en concreto la catepsina B, esta última la más importante en la degradación de las proteínas. Cuando se suministra un  $\beta$ 2-AA en el Longissimus dorsi disminuye un 25 % la actividad de las proteasas y aumenta un 68 % la actividad de la calpastatina (Yang y McElligott, 1989) y (McDanagha et al. 1999, citado en Errecalde 2003). La hipertrofia muscular es causada por un aumento en el diámetro y longitud de las miofibrillas musculares, este fenómeno acontece principalmente en los músculos del miembro posterior, el lomo, Longissimus dorsi, músculo Semitendinosus donde predominan las fibras musculares glicolíticas tipo II (Yang y McElligott, 1989). Moody et al. (2000), hace mención sobre variaciones plasmáticas en la hormona del crecimiento, hormona tiroidea y la somatomielina factor de crecimiento I semejante a la insulina, aunque estos factores no están aún aclarados. Los factores indirectos de los  $\beta$ 2-AA tienen que ver específicamente con

el metabolismo de los carbohidratos, los  $\beta$ 2-AA reducen la secreción de insulina (Fiems, 1987). Martínez y Moreno (2002), mencionan que en condiciones normales la insulina estimula la lipogénesis. Al verse disminuida la concentración de insulina disminuye la síntesis de lípidos, que por consiguiente se tendría mayor disponibilidad de ácidos grasos libres y glicerol para utilizarse como fuente de energía en el anabolismo de las proteínas.

## IX. CONCLUSIÓN

En base a los objetivos de este trabajo se concluye lo siguiente:

Se concluye que el  $\beta$ AA clorhidrato de zilpaterol modifica el metabolismo celular, mejora la eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, ganancia de peso total y ganancia de peso diaria, de igual manera se obtiene que tiene menor consumo de materia seca en ovinos.

## X. LITERATURA CITADA

- Anaya, A. D. L.; G. M. Guevara y S. O. Argudin (2005). Comportamiento productivo de ovinos engordados en corral utilizando clor- hidrato de zilpaterol en el alimento. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol. 3, Núm. 1.
- Avendaño-Reyes L., V. Macías-Cruz, F.D. Álvarez-Valenzuela, F.D., Águila-Tepato, E., Torrentera-Olivera, N. G. & Soto-Navarro, S. A. 2011- Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, Carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. Journal of Animal Science, 89, 4188-4194.
- Avendaño, R. L.; R. V. Torres; M. F. J. Meraz; L. C. Pérez; S. F. Figueroa and P. H. Robinson (2006). "Effects of Two  $\beta$ -adrenergic Agonists on Finishing Performance, Carcass Characte- ristics, and Meat Quality of Feedlot Steers", Journal Animal Science. 84.
- Beermann, D.H., 2009. ASAS Centennial paper: a century of pioneers and progress in meat science in the United States leads to new frontiers. J. Anim. Sci. 87: 1192-1198 pp.
- Bianchi, G.; O. Bentancur y C. Sañudo (2004). "Efecto del tipo genético y del tiempo de madu- ración sobre la ternera de la carne de corderos pesados", Agrociencia, Vol. 8, Núm. 1.
- Bickerstaffe, R. (1996). Proteases and Meat Quality. The Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production. 56.
- Cañeque, V. y C. Sañudo (2000). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA, Madrid.
- Castellanos, R. A. F.; R. J. G. Rosado; G. L. A. Chel y A. D. A. Betancur (2006). Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol. 14, Núm. 2.

- Chacón, A. (2004). “La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial”, *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 15, Núm. 2.
- Cunningham, H. M. (1965). “Effect of Epinephrine and Nicotine on Protein and Fat Metabolism in Pigs”, en Kl. Blaxter (ed.). *Energy Metabolism*. Academic Press. New York.
- Ekpe, E. D.; J. A. Moibi and R. J. Christopherson (2000). “Beta-Adrenergic Receptors in Skeletal Muscles of Ruminants: Effects of Temperature and Feed Intake”, *Canadian Journal of Animal Science*. Vol. 80, Núm. 20.
- Espejel-García, A., Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas Reyes, V., & Santiago-Vargas, M. de L. (2015). Caracterización de los productores y dinámica de adopción de innovación en el municipio de Villa Victoria, Estado de México. *Ra Ximhai*, 11(5), 17–34.
- FAO. (2020a). *Faostat: Cultivos y productos de ganadería*. Consultado en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/TP/visualize>
- FAO. (2020b). *Faostat: Producción de ganadería*. Consultado en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA/visualize>
- Ferguson, S. (2001). “Evolving Concepts in G Protein Coupled Receptor Endocytosis: The Role in Receptor Desensitization and Signaling”, *Pharmacological Reviews*. 53. Ganong, W. F. (2001). *Fisiología Médica*. 18ª edición en español, Manual Moderno. México, D. F.
- Ganong, W. F. 2001 *Fisiología médica*. 18ª edición en español, Manual moderno. México, D. F. 980 p.
- Garcés, Y. P.; M. R. Zinn; A. M. Rebolledo y C. C. Abreu (1998). “Efectos del clorhidrato de zilpaterol sobre la ganancia de peso y características de la canal de toretes finalizados en pastoreo”, en Memoria de la Reunión Científica de la xxxiv Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.

- Garza, F. J. D.; C. J. H. Ramírez; T. H. Montgomery y F. J. Garza (1997). Comportamiento productivo y características de canal en vaquillas de engorda suplementadas con zilpaterol en condiciones comerciales. Xxxii Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México.
- INEGI. (2013a). Descripción general del ganado ovino. En *El ganado ovino en México: Censo agropecuario 2007* (pp. 13–30).
- INEGI. (2013b). Existencias de ganado ovino en el Estado de México. En *El ganado ovino en México: Censo agropecuario 2007* (pp. 43–60) Consultado en: [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/ganaderia/ovino/mex/GanovinMex6.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/ganaderia/ovino/mex/GanovinMex6.pdf)
- INIFAP, 2002. Bustamante Guerrero José de Jesús. 2002. Crecimiento y finalización de corderos con dietas basadas en granos. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental “El verdineño”. Folleto científico Núm. 1, Nayarit
- Koohmaraie, M.; S. D. Shackelford and T. L. Wheeler (1996). “Effects of a  $\beta$ -Adrenergic Agonist (L644, 969) and Male Sex Condition on Muscle Growth and Meat Quality of Callipyge Lambs”, *Journal Animal Science*. 74.
- Koohmaraie, M.; S. D. Shackelford; N. E. Muggli-Cockett and R. T. Stone (1991). “Effect of  $\beta$ -Adrenergic Agonist L644, 969 on Muscle Growth, Endogenous Proteinase Activities, and Postmortem Proteolysis in Wether Lambs”, *Journal Animal Science*. 69.
- Kuiper, H. A.; M. Y. Noordam; M. M. H. Dooren-Flipsen; R. Van Schilt and A. H. Roos (1998). “Illegal Use Beta-Adrenergic Agonist”, *Journal Animal Science*. 76.
- López, P. Ma. G.; L. Ma. S. Rubio y M.S.E. Valdés (2000). Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Sulffolk. *Veterinaria México*. Vol. 31, Núm 1.

- Macías-Cruz U Álvarez-Valenzuela-Torrentera-Olivera N. G., Velázquez-Morales-Morales J. V., Correa-Calderón A., Robinson P. H., Avendaño-Reyes L. 2010. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of ewe lambs during heat-stress conditions. *Animal Production Science* 50(10) 983-989
- Martínez-González, E. G., Muñoz-Rodríguez., García-Muñiz, J. G., Santoyo-Cortés, V. H., Altamirano Cárdenas, J. R., & Romero-Márquez, C. (2011). El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 367–377.
- Martínez-Trejo, G., & Pacheco Pérez, S. (2014). La producción ovina en México. En *La ganadería mexicana a 20 años del Tratado de Libre Comercio de América del Norte* (Primera ed, pp. 157–167). UACH, COLPos.
- McCoard, S. A. (2017). Issues and opportunities to capitalize on increased litter size in hill country sheep farming systems: a New Zealand perspective. *Animal Frontiers*, 7(3), 32–37. <https://doi.org/10.2527/af.2017-0126>
- Mersmann, H. J. (1998). “Beta-Adrenergic Re- aptor Modulation of Adipocyte Metabolism and Growth”, *Journal Animal Science*. 80: (E. Suppl. 1): E24-E29.
- Mersmann, H. J. (2002). “Overview of the Effects of  $\beta$ -Adrenergic Receptor Agonists on Animal Growth Including Mechanisms of Action”, *Journal Animal Science*. 76.
- Miller, M. F.; D. K. García; M. E. Coleman; P. A. Ekeren; D. K. Lunt; K. A. Wagner; M. Procknor; T. H. Welsh and S. B. Smith (1988). “Adipose Tissue, Longissimus Muscle and Anterior Pituitary Growth and Function in Clembuterol/Fed Heifers”, *Journal Animal Science*. 66.
- Mills, S. and H. J. Mersmann (1995). “Beta- Adrenergic Agonists, their Receptors, and Growth: Special Reference to Peculiarities in Pigs”, en Smith, S. B. y D. R. Smith (eds.). *The Biology of Fat in*

Meat Animals: Current Advances. American Society of Animal Science. Champaign. Usa.

Mitchell, G. A. and G. Dunnavan (1998). "Illegal Use of b-Adrenergic Agonists in the United States", *Journal Animal Science*. 76.

Mohammadi, M.; M. Abazari and M. Nourozi (2006). "Effects of Two Beta-Adrenergic Agonists on Adipose Tissue, Plasma Hormones and Metabolites of Moghani Ewes", *Small Ruminant Research*. 63.

Moloney, A. P.; P. Allen; D. B. Ross; G. Olson and E. M. Convey (1990). "Growth, Feed Efficiency and Carcass Composition of Finishing Friesian Steers Fed the  $\beta$ -Adrenergic Agonist L-644,969", *Journal Animal Science*. 68.

Mondragon-Ancelmo, J., García-Hernández, P., Rojas-Sandoval, L. A., Domínguez Vara, I. A., Gómez Tenorio, g., & Rebollar Rebollar, S. (2018). Caracterización de consumidores agroindustriales de carne de pequeños rumiantes en el Estado de México. *Investigacion y ciencia*, 26(74). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67455945003>

Mondragon-Ancelmo, J., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Salem, A. Z. M., Rojo-Rubıo, R., Domínguez-Vara, I. A., & García-Martínez, A. (2014). Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern State of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 1427–1433. <http://doi.org/10.1007/s11250-014-06559-5>

Mondragón, A. J. (2008). "Efecto de la concentración de clorhidrato de zilpaterol sobre el crecimiento, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en engorda intensiva". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.

Morris, S. T. (2009). Economics of sheep production. *Small Ruminant Research*, 86, 59–62. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.019>

Morris, S. T., & Kenyon, P. R. (2014). Intensive sheep and beef production from pasture: A New Zealand perspective of concerns,

opportunities and challenges. *Meat Science*, 98, 330–335.  
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.011>

Murcia, J. L. (2014). Tendencias en el consumo mundial de carnes: cabrito, conejo, pichón, nuevas carnes de moda. *Distribución y consumo*, 2, 32–37.  
[http://www.mercasa.es/files/multimedios/1401809633\\_Tendencias\\_en\\_el\\_consumo\\_mundial\\_de\\_carnes\\_p32-p37.pdf](http://www.mercasa.es/files/multimedios/1401809633_Tendencias_en_el_consumo_mundial_de_carnes_p32-p37.pdf)

Nourozi, M.; M. Abazari; M. Mohammadi; M. Raisianzadeh and A. ZareShahne (2005). “Effect of Two Beta-Adrenergic Agonists on Performance and Carcass Composition of an Iranian Native Breed of Sheep”, *Pakistan Journal of Nutrition*. Vol. 4, Núm. 6.

OCDE, FAO, & Uach.(2017). Carne. En OCDE (Ed.), *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026* (pp. 111–137).  
[https://doi.org/http://dx.doi.org.10.1787/agr\\_outlook-2017-es](https://doi.org/http://dx.doi.org.10.1787/agr_outlook-2017-es)

Oksbjerg, N.; J. A. Fernández; H. Jorgensen; O. H. Olsen; T. Rulph and N. Agergaard (1996). “Effects of Salbutamol on Protein and Fat Deposition in Pigs Fed Two Levels of Protein”, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 75.

Partida de la Peña, J. A., Braña Varela, D., Hector, J. S., Ríos Rincón, F. G., & Buendía Rodríguez, G. (2013). *Producción carne ovina* (Primera ed, Número 5).

Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., De la Cruz Colín, L., Dominguez Vara, I. A., & Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 269–277.

Plascencia, A.; N. Torrentera and R. Zinn (1999). “Influence of the Agonist Zilpaterol on Growth, Performance and Carcass Characteristics of Feedlot Steers”. *American Society of Animal Science*. 50.

Ricks, C. A.; P. K. Baker and R. H. Dalrymple (1984). “Use of Repartitioning Agents to Improve Performance and Body Composition of Meat Animals”, *Proceedings Annual Reciprocal Meat Conference*. 37.

- Robles-Estrada, J. C., Barreras-Serrano, A., Contreras, G., Estrada-Angulo, A., Obregon, J. F., Plascencia, A., & Rios, F. G. (2009). Effect of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. *Journal of Applied Animal Research*, 36(1), 33-36.
- Rodríguez Galaviz, J. R., Vargas Lopez, S., Bores Quintero, R., Rojas Rodríguez, O., Zaragoza Ramírez, J. L., Juárez Lagunas, F. I., Calderón Roblés, R. C., Vega Murillo, V. E., González Orozco, A., Luna Estrada, A. A., Díaz Aparicio, E., Ramírez Bribiesca, E., Hernández Calva, M., & Corona Jimenez, V., (2009). *Sistemas de producción ovina* (Primera ed).
- SAGARPA & SIAP. (2018). *Población ganadera 2009-2018*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516348/Inventario\\_2018\\_Ovino.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516348/Inventario_2018_Ovino.pdf)
- SAGARPA. (2016). *Plan rector: Sistema Producto Ovinos (2015-2014)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Salinas, C. J.; M. M. Domínguez; M. R. Díaz; B. P. Cruz; G. M. F. Montañón and A. C. Arzola (2006). "Effect of Duration of Zilpaterol Hydrochloride Treatment on Carcass Characteristics and Weight Gain in Grazing Pelibuey Lambs", *Journal Applied Animal Research*. 29.
- Salinas, C. J.; R. G. Ramírez; M. M. Domínguez; C. R. Palomo and A. V. H. López (2004). "Influence of Zilpaterol Hydrochloride on Growth and Carcass Characteristics of Pelibuey Lambs", *Journal of Applied Animal Research*. 26.
- SENACSA (Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal). (2014). *Manual de Producción Ovina*. Dirección General de Calidad Animal (DIGECAL). Departamento de ovinocultura. Disponible EN: [http://www.mag.gov.py/dgp/Publicaciones%20recomendadas%20sector%20agrario/Manual\\_ovinos%20Senacsa%202014](http://www.mag.gov.py/dgp/Publicaciones%20recomendadas%20sector%20agrario/Manual_ovinos%20Senacsa%202014).
- Serrano, C. J.; A. C. Ponferrada; R. C. Carceles y P. E. Escudero (2002). *Fármacos antitusígenos y broncodilatadores en Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. McGraw-Hill. Interamericana. España.

- Shackelford, S. D.; J. W. Edwards; E. K. Smarr and J. W. Savell (1992). "Retail Cut Yields of Rambouillet Wether Lambs Fed the  $\beta$ -adrenergic Agonist L644,969", *Journal Animal Science*. 70.
- Shelver, W. L. and D. J. Smith (2006). "Tissue Residues and Urinary Excretion of Zilpaterol in Sheep Treated for 10 Days with Dietary Zilpaterol", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54.
- Sillence, M. N.; G. G. Hunter; L. Pegg; M. L. Brown; T. Matthews; M. Magner; M. Sleeman and D. B. Lindsay (1993). "Growth, Nitrogen Metabolism and Cardiac Responses to Clembuterol and Ketoclembuterol in Rats and Underfed Cattle", *Journal Animal Science*. 7
- Smith, D. J. (1998). "The Pharmacokinetics, Metabolism and Tissue Residues of Beta- Adrenergic Agonists in Livestock", *Journal Animal Science*. 76.
- Smith, D. J. and G. D. Paulson (1998). "Distribution, Elimination and Residues of [14C] Clembuterol HCL in Holstein Calves 1, 2", *Journal Animal Science*. 75.
- Soria, J. L. B. y M. J. A. Arias (1997). "Señalización celular por segundos mensajeros", en *Curso Internacional Precongreso "Actualización en Fisiología"*. XI Congreso Nacional de Temas Fisiológicos. Ed. Sociedad Nacional de Temas Fisiológicos.
- Stoller, G. M.; H. N. Zerby; S. J. Moeller; T. J. Baas; C. Johnson and L. E. Watkins (2003). "The Effect of Feeding Ractopamine (Paylean) on Muscle Quality and Sensory Characteristics in Three Diverse Genetic Lines of Swine", *Journal of Animal Science*. 81. American Society of Animal Science.
- Sumano L.H. y Ocampo C.L 2006. *Farmacología Veterinaria*, Editorial Litografica Ingramez, S.A de C.C. Pp.379–384.
- Sumano, L. H.; C. L. Ocampo y O. L. Gutiérrez (2002). Clembuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? *Veterinaria México*. Vol. 33, Núm. 2.
- Vallejos, A. P.; J. C. A. Zaragoza y J. A. F. Parres (2007). "Intoxicación por clembuterol", *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. Vol. 18, Núm. 24.
- Van Hoof, N.; R. Schilt; E. Van der Vlis; P. Boshuis; M. Van Baak; A. Draaijer; K. De Wasch; M. Van de Wiele; J. Van Hende; D. Courtheyn and H. De Brabander (2005). Detection of Zilpaterol

(Zilmax ®) in Calf Urine and Faeces with Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry. Analytical Chemical Acta. 529.

Zorrilla, R. J.; I. Morales; R. D. Liceaga y V. R. Hernández (1998). “Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la cortabilidad de canales de toretes acebuzados finalizados con dietas a base de cebada forrajera”, en xxxiv Re- unión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.

## XI. ANEXOS



Figura 28. Llegada de los animales al área metabólica.



Figura 29. Alimentación de los ovinos.



Figura 30. Pesaje de los ovinos.



Figura 31. Llegada de los ovinos al obrador.



Figura 32. Pesaje de ovinos antes del sacrificio.



Figura 33. Sacrificio de los ovinos.



Figura 34. Canales de ovinos.